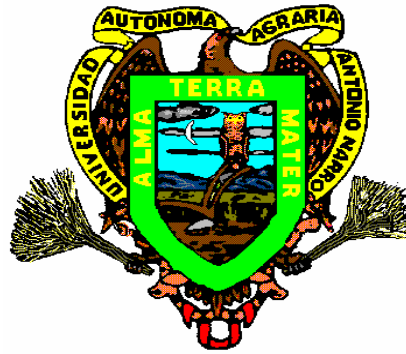


**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA  
“ANTONIO NARRO”**

**DIVISIÓN DE AGRONOMÍA**



**PRODUCTOS ORGÁNICO-HORMONALES ESTIMULANTES DE  
LA GERMINACIÓN Y VIGOR EN SEMILLAS DE MAÍZ  
(*Zea mays L.*)**

**Por:**

**ERNESTO PANTOJA GUERRA**

**TESIS**

**Presentada como requisito parcial para obtener el título de:**

**INGENIERO AGRÓNOMO EN PRODUCCIÓN**

**Buenavista, Saltillo, Coahuila, México**

**Diciembre de 2006**

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA  
“ANTONIO NARRO”**

**DIVISIÓN DE AGRONOMÍA  
DEPARTAMENTO DE FITOMEJORAMIENTO**

**PRODUCTOS ORGÁNICO-HORMONALES ESTIMULANTES DE  
LA GERMINACIÓN Y VIGOR EN SEMILLAS DE MAÍZ  
(*Zea mays L.*)**

**Por:**

**ERNESTO PANTOJA GUERRA**

**TESIS**

Que Se Somete a Consideración del H. Jurado Examinador como Requisito  
Parcial para Obtener el Título de:

**INGENIERO AGRÓNOMO EN PRODUCCIÓN**

**Aprobado por:**

**PRESIDENTE DEL JURADO**

**\_\_\_\_\_  
ING. RENE A. DE LA CRUZ RODRÍGUEZ**

**\_\_\_\_\_  
DR. MARIO E. VÁZQUEZ BADILLO  
SINODAL**

**\_\_\_\_\_  
ING. JOSÉ Á. DE LA CRUZ BRETÓN  
SINODAL**

**\_\_\_\_\_  
M.C. JOSÉ A. DANIEL GONZÁLEZ  
SUPLENTE**

**COORDINADOR DE LA DIVISIÓN DE AGRONOMÍA**

**\_\_\_\_\_  
M.C. ARNOLDO OYERVIDES GARCÍA**

**Buenavista, Saltillo, Coahuila, México**

**Diciembre de 2006**

# ÍNDICE

Contenido	Pag.
Índice de cuadros.....	i
Índice de figuras.....	ii
Agradecimientos.....	iii
Dedicatorias.....	v
INTRODUCCIÓN.....	1
Objetivos.....	3
Hipótesis.....	3
REVISIÓN DE LITERATURA.....	4
Semilla.....	4
Calidad de semilla.....	5
Reservas nutritivas presentes en las semillas.....	6
Germinación.....	7
Requerimientos para la germinación de semillas.....	9
Factores endogenos.....	9
Factores exógenos.....	10
Procesos en la germinación.....	11
Tipos de germinación.....	12
Vigor.....	13
Factores que afectan el vigor.....	13
Envejecimiento de semillas.....	14
Deterioro.....	14
Características del deterioro.....	15
Agricultura orgánica.....	15
Ventajas de la agricultura orgánica.....	16
Composta.....	17
Materiales que se pueden utilizar en la composta.....	17
Organismos presentes en la composta.....	18
Lombricomposta.....	19
Usos y beneficios de la lombricomposta.....	20
Biodigestados líquidos.....	21
Sustancias húmicas.....	21
Ácidos húmicos.....	22
Ácidos fúlvicos.....	23
Fitohormonas.....	24
Auxinas.....	24
Giberelinas.....	25
Citocininas.....	26
Investigaciones realizadas.....	27
MATERIALES Y MÉTODOS.....	30
Ubicación geográfica del experimento.....	30
Productos orgánicos utilizados.....	30
Etapa I.....	34
Etapa II.....	35

Etapa III.....	36
Material genético.....	36
Tratamientos.....	36
Preparación de los tratamientos.....	37
En laboratorio.....	38
Siembra.....	38
Variables evaluadas.....	39
En invernadero.....	40
Siembra.....	40
Variables Evaluadas.....	41
Análisis Estadístico.....	42
Modelo estadístico.....	43
RESULTADOS Y DISCUCIÓN.....	44
Etapa I.....	44
Etapa II.....	45
Etapa III.....	47
En el laboratorio.....	47
Germinación estándar.....	49
Longitud media de plúmula.....	50
Longitud media de radícula.....	51
Peso seco de plántula.....	52
Invernadero.....	53
Emergencia total.....	54
Longitud media de plúmula.....	55
DISCUCIONES.....	56
CONCLUSIONES.....	58
LITERATURA CITADA.....	60
CITAS DE INTERNET.....	63

## ÍNDICE DE CUADROS

<b>Cuadro</b>	<b>Pag.</b>
3.1. Dosis aplicadas a la semilla de maíz para 1 kg. y para 600 semillas (180 grs.) .....	37
4.1. Actividad biológica de productos orgánicos.....	44
4.2. Cantidades en ppm de microelementos, pH y densidad de los productos orgánicos de la UAAAN.....	45
4.3. Relación de productos formulados y actividad mineral a partir del ajuste de zeatinas, tomando como base la concentración de Biozyme TS (Laboratorio de Investigación Biológica, GBM).....	46
4.4. Muestra los cuadrados medios del análisis de varianza para las variables evaluadas en semilla de maíz deteriorada, la cual fue tratada con productos de origen orgánico-hormonal.....	47
4.5. Comparación de medias de las variables evaluadas en semilla de maíz.....	48
4.6. Muestra los cuadrados medios del análisis de varianza para las variables evaluadas en semilla de maíz deteriorada la cual fue tratada con productos de origen orgánico-hormonal..	53
4.7. Comparación de medias de las variables evaluadas en semillas de maíz.....	54

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura</b>	<b>Pag.</b>
4.1. Por ciento de germinación en semillas de maíz tratadas con productos de origen orgánico- hormonal.....	49
4.2. Longitud media de plúmula, de plántulas provenientes de semillas de maíz tratadas con productos orgánico-hormonales.....	50
4.3. Longitud media de radícula de plántulas provenientes de semillas de maíz tratadas con productos orgánico-hormonales.....	51
4.4. Peso seco de plántula, tomado de plántulas provenientes de semillas de maíz, tratadas con productos orgánico-hormonales.....	52
4.5. Emergencia total expresada en porcentaje, en semillas de maíz tratadas con productos orgánico-hormonal.....	55
4.6. Longitud media de plántula, proveniente de semillas de maíz tratadas con productos orgánico-hormonales.....	56

## **AGRADECIMIENTOS.**

A **Díos**, por darme el derecho a la vida, por ser la luz que ilumina mi sendero, por tener la dicha de pertenecer a la familia más maravillosa que existe sobre la paz de la tierra y por darme las fuerzas necesarias para hacer realidad uno de mis más anhelados sueños. “**Ser profesional**”.

A mi **Alma Terra Mater**, por abrigarme en su lecho, por brindarme las facilidades necesarias para mi formación y por ser ella la institución quien me ha dado una carrera. Siempre te llevare en mi corazón.

Al **Ing. Rene A. de la Cruz Rodríguez**, por su gran apoyo, empeño y colaboración en la realización de la presente investigación y por darme la oportunidad y confianza de formar parte de esta.

Al **Dr. Mario Ernesto Vázquez Badillo**, por ser parte fundamental en la realización del presente trabajo, por los conocimientos adquiridos en clase, por sus consejos tan sabios y por ser una persona humilde a la cual respeto y admiro mucho.

Al **M.C. Nelson Alonso Ruiz**, por la gran entrega y colaboración mostrada, para que fuese posible realizar el presente trabajo y por brindarme su amistad y confianza.

Al **Ing. José Ángel de la Cruz Bretón**, por brindarme su amistad, por su gran apoyo incondicional en el transcurso de mi carrera y por los conocimientos adquiridos en clase.

A la **Lic. Sandra Roxana López Betancourt**, por su colaboración en el presente trabajo, por haber mostrado paciencia y amabilidad al necesitar de su apoyo y por haber mostrado confianza hacia mi persona. De todo corazón muchas gracias.

Al **M.C. José Ángel Daniel González**, por brindarme su amistad y por la gran confianza que mostró hacia mi persona.

A la **ING. Martina De la Cruz Casillas**, por su colaboración en la revisión del presente trabajo.

A mis amigos; Daniel y Hugo Chepetla, Ing. Sergio A. Ayala, Ing. Francisco J. Olivares, Marcos Ríos, Gustavo Sánchez, Ing. Rafael Bautista, José González., Arturo y Noé Musito, Mayolo Leyba, Juan A. López, Fabián García, Cornelio Luna; con quienes compartí momentos de alegrías inolvidables. Les deseo a todos lo mejor.

A mis compañeros de generación (**CII**), Daniela, Roxana, Noé, Carlos (Pinky), Pedro, Carlos (Pingüino), Choca, Jeremías, Ever, Monchis, Samuel, J. Luis, Edilberto, Guillermo, Raúl, Julio. Ismael, Gil y Manuel. Les deseo a todos éxito en su vida profesional.



## **DEDICATORIAS**

### **A mi madre, Sra. Guadalupe Guerra Guerra.**

A ti que eres la mejor mamá del mundo, por esa valentía mostrado cuando estuve en peligro, por que has sabido darme el cariño y amor de madre que siempre necesite, por que en tu hogar has sido incansable, por que siempre has buscado con esmero lo mejor para tus hijos. Me llena de orgullo tener una mamá tan bondadosa como tu, que Díos te colme de bendiciones hoy y siempre

### **A mi padre, Sr. Francisco Pantoja González.**

A ti que has sido un padre ejemplar que te has esforzado por darme siempre lo mejor y que a pesar de las circunstancias has luchado contra todo para que tus hijos salgan adelante, por que con tus consejos tan rectos me has guiado por el camino del bien. Padre estoy orgulloso de ser tu hijo, que Díos te colme de bendiciones hoy y siempre.

### **Con mucho cariño a mis hermanos.**

**Francisco Javier** (†) a pesar de que ya no estés con nosotros, éste logro también es tuyo. “Por siempre vivirás en nuestros corazones. Sigues y seguirás formando parte de la familia.”

**Maricela**

**Hilaria**

**Guadalupe**

**María**

**María Yesenia**

**Luís Fernando**

**Oscar Manuel**

Este triunfo tan importante en mi vida en gran parte lo debo a todos ustedes; que Díos los cuide e ilumine por siempre sus caminos.

### **A mi tía San Juana Guerra**

Por el apoyo incondicional y cariño que ha mostrado hacia la familia. Tía a pesar de que te encuentres lejos te quiero como a una tercer abuelita, que Dios te cuide y te de fuerzas para que sigas venciendo esos obstáculos que en tu vida se te presentan.

### **A mí cuñado Ricardo González**

Quien ha sido una persona respetuosa y trabajadora. Que Dios te dé fuerzas para que sigas adelante.

### **A mis sobrinos Fernandita y Ricardito González Pantoja**

A ustedes angelitos por que desde su llegada han trasmitido alegría a la familia. Que Dios los cuide por siempre.

### **A mis abuelitas.**

María Dolores Guerra Alvarado (†)

Hilaria González Rodríguez

### **A mis abuelitos.**

Nicolás Pantoja Loza (†)

Simeón Guerra (†)

A mi maestra de secundaria; **Hortensia León Ortega**, a quien recuerdo con mucho cariño, por su gran motivación para seguir estudiando y por haber inculcado en mí una mentalidad triunfadora.

## INTRODUCCIÓN

En todo pueblo, la agricultura juega un papel muy importante al ser esta actividad el medio por el cual se obtienen alimentos, forrajes, fibras, entre otros productos y subproductos; los cuales se destinan a satisfacer las necesidades del ser humano. Sin embargo, durante muchos años se han llevado a cabo prácticas agrícolas en las cuales se hace uso irracional de productos químicos que han traído como consecuencia el deterioro de los recursos naturales y la aparición de enfermedades que han causado daños significativos en la salud del hombre.

En la actualidad, en los sistemas de producción agrícola se están buscando otras alternativas, las cuales sean capaces de satisfacer las demandas alimenticias de los pueblos, a la vez que no causen daños considerables a los recursos con que cuenta el medio natural en el que vivimos y nos desarrollamos. La utilización de productos de origen orgánico en los diferentes ámbitos agrícolas parecen ser una opción viable ante esta situación.

En la lucha por encontrar solución a tales problemas, se han realizado algunas investigaciones. Tal es el caso de Alonso (2004), quien, en su trabajo de investigación aplicó derivados orgánicos de composta y lombricomposta en plantas de cilantro (*Coriandrum sativum* L.), encontrando

una respuesta favorable en dicho cultivo y asumiendo que el uso de estos productos orgánicos reduce hasta en un 40 % la fertilización inorgánica (química). En el área de semillas, Rivera (2004), utilizó extractos orgánicos para tratar semilla de tomate (*Lycopersicon esculuntum L.*), con bajo porcentaje de germinación (62 %), y encontró que todos estos extractos orgánicos influyen en la germinación, ya que todos superaron al testigo.

Por otra parte, el cultivo del maíz es uno de los más importantes a nivel mundial, y el más importante a nivel nacional, al ser una especie originaria del país y por ser la base de la alimentación del pueblo mexicano, además de utilizarse en la industria y como alimento para ganado.

Con frecuencia, la producción de este cultivo se ve afectada por diversos aspectos; entre los que destacan la baja calidad fisiológica de las semillas, la cual se refleja en bajo porcentaje de germinación y bajo vigor de las mismas; esto debido a un mal manejo de las semillas durante su obtención y almacenamiento. Por lo que se tiene bajo establecimiento de plántulas en campo, lo cual reduce el rendimiento por unidad de superficie y como consecuencia final, conlleva a pérdidas económicas para el productor.

Con el fin de seguir en la búsqueda de nuevas alternativas sustentables para el agro nacional en el área de semillas, se ha decidido realizar la presente investigación, teniendo como objetivos los siguientes:

## **Objetivo general**

- Estimular la germinación y vigor en semillas de maíz mediante la aplicación de productos orgánico-hormonales.

## **Objetivos específicos**

- Conocer la actividad hormonal y mineral de siete productos orgánicos.
- Evaluar el efecto de los productos orgánico-hormonales en la germinación de semillas de maíz, tanto en laboratorio como en invernadero y compararlos con los ya existentes en el mercado.

## **Hipótesis**

- Por lo menos uno de los tratamientos (orgánico-hormonales) estimulará la germinación y vigor de la semilla de maíz.
- El comportamiento de los productos orgánico-hormonales será el mismo, tanto en laboratorio como en invernadero
- Cuando menos uno de los tratamientos se comportará mejor que el testigo y que los productos ya existentes en el mercado.

## REVISIÓN DE LITERATURA

### Semilla

Una semilla es el óvulo maduro, que consta de un embrión, su reserva alimenticia almacenada y sus cubiertas protectoras (Marino, 1999). Por su parte, Moreno (1996) define semilla en términos agronómicos y comerciales como toda clase de granos, frutos y estructuras más complejas que se emplean en las siembras agrícolas. Desde un punto de vista botánico menciona que una semilla es un embrión en estado latente, acompañado o no de tejido nutritivo y protegido por el epispermo.

Por otra parte Bradbeer (1988) indica que la semilla es el producto del óvulo fertilizado, que en gimnospermas es desnuda, mientras que en angiospermas es formada dentro del ovario.

Leal (1988) menciona que una semilla es una estructura multicelular que contiene el embrión de una planta superior; generalmente esta provista de una reserva de material alimenticio y recubierta por un tegumento protector.

Sin embargo, la Ley sobre producción, certificación y comercio de semillas (1996), se refiere a semillas al hablar de los frutos o partes de éstos

así como las partes de vegetales ó vegetales completos, que puedan utilizarse para la reproducción y propagación de las diferentes especies vegetales.

### **Calidad de semilla**

El término calidad de la semilla tiene un significado muy amplio, abarcando esencialmente todos los atributos genéticos, fisiológicos y físicos de las semillas. (Delouche, 2005). Por su parte, Moreno (1996), menciona que los parámetros que definen la calidad de semillas agrícolas son; la pureza física, la pureza varietal, poder germinativo, el vigor, la sanidad y el contenido de humedad de las semillas.

Por otra lado Vergara, (2000) en pruebas de laboratorio, tanto físicas como fisiológicas, utilizando tres genotipos (F1, F2 y F3) de semillas de cebolla, encontró superioridad de los genotipos F2 y F3 en comparación con el híbrido F1, éstos resultados fueron atribuibles a la calidad misma de la semilla, más que a su constitución genética.

Por su parte Peske (2002) menciona que la evaluación de la calidad en semillas es esencial para que no se siembre material que no irá a germinar, semillas de malezas que vayan a los campos de producción y material portador de enfermedades que contaminaran el campo más tarde.

## **Reservas nutritivas presentes en las semillas**

### **Hidratos de carbono**

Los hidratos de carbono constituyen la reserva más común en las semillas y, de ellos el almidón es la forma en que aparece con más frecuencia. El almidón se acumula tanto en el endospermo como en los cotiledones y las proporciones relativas de este difieren según especies y variedades (Basnier, 1989).

### **Proteínas**

Las proteínas están compuestas por aminoácidos cuyo número es limitado (Besnier, 1989). Duffus (1985), menciona que la proteína es el principal material nitrogenado de reserva de las semillas, estas se dividen en cuatro grandes grupos: albúminas, globulinas, glutelinas y prolaminas. Entre este grupo destacan las albúminas, las cuales son proteínas enzimáticas solubles. En los cereales las proteínas se encuentran principalmente en el endospermo, con una pequeña cantidad (2 a 5%) en el embrión.

### **Lípidos**



Los lípidos en las semillas sustituyen al almidón como fuente de energía. Estos lípidos son fundamentalmente triglicéridos, aunque también existen fosfolípidos y glucolípidos más complejos (Besnier, 1989).

### **Minerales**

Besnier (1989) argumenta que el contenido de elementos menores en las semillas, tanto en macro como en micronutrientes es satisfactorio y equilibrado para el normal crecimiento de la plántula durante un tiempo considerable. La mayoría de las reservas de potasio, calcio y magnesio se encuentran asociadas con las del fósforo, el hierro, zinc, manganeso, cobre y sodio pueden estar presentes en trazas en los globoides.

### **Germinación**

La germinación es un proceso de cambio: el cambio de una pequeña estructura inactiva viviendo con abastecimiento mínimo a una planta que crece activamente, destinada a llegar a la autosuficiencia antes que los materiales de reserva de la semilla se terminen (Duffus, 1985). Desde un punto de vista bioquímico, el mismo autor (1985) menciona que para que ocurra la germinación, el sistema metabólico total debe estar intacto. Aún una lesión simple a nivel estructural o bioquímica puede evitar la germinación. Tal daño parcial o deficiencia es probable que ocurra en semillas viejas o en semillas que han sido expuestas a la radiación o al calor excesivo. La evidencia adicional de que la declinación general en la actividad metabólica es un precursor de la falla

en la germinación, proviene de las observaciones sobre la capacidad para sintetizar carbohidrato y proteína. Ésta frecuentemente decrece hasta casi la mitad de su valor original antes de que ocurran efectos notables en la geminabilidad.

Por su parte, Thomson (1979) menciona que la germinación es el fenómeno que se da cuando el embrión de la semilla empieza su desarrollo, esto solo sucederá si se encuentra en condiciones adecuadas para el crecimiento vegetal. Los factores esenciales de crecimiento para la germinación son el agua, el oxígeno y una temperatura adecuada. Sin embargo Moreno (1996), define germinación como la emergencia y desarrollo de aquellas estructuras esenciales que provienen del embrión, y que manifiestan la capacidad de la semilla para producir una planta normal bajo condiciones favorables.

Camacho (1994a) se refiere a la germinación al hablar del proceso mediante el cual un embrión adquiere el metabolismo necesario para reiniciar el crecimiento y transcribir las porciones del programa genético que lo convertirán en una planta adulta. En términos prácticos se menciona que la semilla ha germinado cuando en siembras de laboratorio emite la radícula, o cuando emerge del suelo en siembras realizadas en tierra. El proceso de germinación termina cuando la planta no depende ya, para su existencia de los tejidos nutritivos, pues es capaz de producir sus propios alimentos. Además dice que para que la germinación se realice se necesita que:

- a) La semilla sea viable: es decir que tenga un embrión vivo capaz de crecer.

- b) Se tenga la temperatura, aireación y humedad adecuada para el proceso.
- c) Se eliminen los bloques fisiológicos presentes en las semillas que impiden la germinación.

### **Requerimientos para la germinación de semillas**

#### **Factores endogenos**

**Viabilidad.** La viabilidad de las semillas es el período de tiempo durante el cual las semillas conservan su capacidad para germinar. Es un período variable y depende del tipo de semilla y de las condiciones de almacenamiento. ([http://www.euita.upv.es/vari/biologia/Temas/tema\\_17.htm#Viabilidad%20de%20las%20semillas](http://www.euita.upv.es/vari/biologia/Temas/tema_17.htm#Viabilidad%20de%20las%20semillas)).

Moreno *et al.*, (2000) reporta que en semillas de maíz almacenadas con bajo contenido de humedad encontró que la viabilidad de las semillas fue afectada a temperatura de 35 °C y este daño fue aún más drástico en semillas con humedades iniciales de 13.1 y 13.9 %. Los resultados muestran el efecto negativo de las temperaturas de almacenamiento de 25 y 35 °C, sobre la viabilidad de las semillas, aun cuando los contenidos de humedad de las mismas eran relativamente bajos.

Enriques *et al.*, (2004) mencionan que la viabilidad de las semillas de *Taxodium mucronatum* se reduce drásticamente después de dos años de almacenamiento, lo cual nos indica que con el paso del tiempo las semillas pierden su viabilidad.

**Madurez de semilla.** El proceso de maduración se inicia con la fertilización del óvulo y se extiende hasta el punto en que la semilla alcanza la maduración fisiológica, es decir, cuando cesa la transferencia de nutrientes de la planta hacia la semilla. (Dias, 2001).

Thomson (1979) argumenta que cuando la semilla se seca al llegar a esta fase hay poco o ningún aumento en el contenido del material y el peso seco permanece constante, pero el contenido de humedad desciende hasta una cantidad de un 10 a 20 %. Finalmente se deposita una capa de corcho en la base de la semilla. El tiempo que se requiere para alcanzar este estado depende mucho de las condiciones climáticas. Sin embargo si las semillas son cosechadas antes de la madurez, estas son más pequeñas y se quedan arrugadas al secarse, son más susceptibles a ser dañadas en la trilla y son difíciles de secar, y estas no se almacenan bien y tienen bajo vigor.

### **Factores exógenos**

**Agua.** Copeland y McDonal (1985) mencionan que el agua es un requerimiento básico para la germinación. Ésta es esencial para la activación de

enzimas, rompimientos ó interrupción, traslocacion y empleo de material de reserva almacenado. En su estado de reposo, las semillas son característicamente bajas en humedad y relativamente su metabolismo es inactivo.

**Temperatura.** La germinación de la semilla es un proceso complejo que implica muchas reacciones individuales y fases, cada una de las cuales es afectada por la temperatura. Los efectos de la temperatura en la germinación pueden ser expresados en términos de temperatura cardinal, es decir mínima, óptima y máxima. Siendo la óptima, la temperatura que dé el mayor porcentaje de germinación dentro del periodo más corto de tiempo. También cada etapa tiene su propia temperatura cardinal; por lo tanto, las respuestas de temperatura pueden cambiar a lo largo del período de germinación. La temperatura óptima para la germinación en la mayoría de las semillas es entre 15 y 30 °C. y la máxima entre 30 y 40 °C. (Copeland y McDonal, 1985).

**Gases.** La mayor parte de las semillas requieren para su germinación un medio suficientemente aireado que permita una adecuada disponibilidad de O<sub>2</sub> y CO<sub>2</sub>. De esta forma el embrión obtiene la energía imprescindible para mantener sus actividades metabólicas. La mayoría de las semillas germinan bien en atmósfera normal con 21% de O<sub>2</sub> y un 0.03% de CO<sub>2</sub>. Para que la germinación tenga éxito, el O<sub>2</sub> disuelto en el agua de imbibición debe poder llegar hasta el embrión. Además, hay que tener en cuenta que la cantidad de O<sub>2</sub> que llega al embrión disminuye a medida que aumenta disponibilidad de agua

en la semilla. ([http://www.euita.upv.es/variados/biologia/Temas/tema\\_17.htm#Factores%20externos](http://www.euita.upv.es/variados/biologia/Temas/tema_17.htm#Factores%20externos))

**Procesos en la germinación.** Duffus (1985) menciona que el proceso continuo de germinación está compuesto de dos fases principales:

1. Inicio del metabolismo activo en el embrión, seguido rápidamente por el crecimiento y diferenciación del embrión, apoyado por la utilización de material de reserva embrionaria inmediata;
2. Crecimiento continuo del embrión, apoyado por el flujo de productos de la hidrólisis de los cotiledones o reserva alimenticia extraembrionaria, tal como el endospermo. Esta fase continúa hasta que la planta se establece como un organismo fotosintético o muere por haberse terminado la reserva alimenticia.

### **Tipos de germinación**

Atendiendo a la posición de los cotiledones respecto a la superficie del sustrato, las semillas pueden diferenciarse en la forma de germinar. Así, podemos distinguir dos tipos diferentes de germinación. *Epigea*: en las plántulas denominadas epigeas los cotiledones emergen del suelo debido a un considerable crecimiento del hipocótilo (porción comprendida entre la radícula y el punto de inserción de los cotiledones). *Hipogea*: En las plántulas hipogreas,

los cotiledones permanecen enterrados; únicamente la plúmula atraviesa el suelo. El hipocótilo es muy corto, prácticamente nulo. A continuación, el epicótilo se alarga, apareciendo las primeras hojas verdaderas, que son, en este caso, los primeros órganos fotosintetizadores de la plántula. Este tipo de germinación lo presentan las semillas de los cereales (Santamaría, 1992).

### **Vigor**

Besnier (1989) define el vigor como la capacidad de las semillas para producir plántulas normales, rápida y uniformemente. Esta capacidad depende fundamentalmente de tres condiciones principales; estado de la maquinaria bioquímica, amplitud de las reservas nutritivas y constitución genética. Esta última condición coincide con lo mencionado por Cruz *et al.*, (2003) quien dice que en función del genotipo y del ambiente, el envejecimiento de la semilla conduce a pérdidas de germinación y vigor.

Sin embargo, Copeland y McDonald (1985) mencionan que en 1979, la Association of Official Seed Analyst's, define vigor de semilla como aquellas propiedades de la semilla que determinan el potencial para una rápida emergencia uniforme y crecimiento normal de semillas bajo un amplio rango de condiciones de campo.

## **Factores que afectan el vigor**

Thomson (1979) menciona que el vigor puede afectarse por:

- a) Daño en el embrión durante la recolección o el tratamiento posterior.
- b) Daño a la testa, y las otras cubiertas de la semilla que la protegen del daño físico y la entrada de parásitos, además de controlar la difusión de gases, lo cual disminuye la respiración y prolonga la vida en almacén de la semilla.
- c) Factores ambientales y las condiciones nutricionales de la planta madre.
- d) Estado de madurez en el momento de la recolección.
- e) Tamaño de la semilla.
- f) Senescencia y patógenos.

## **Envejecimiento de semillas**

Cruz *et al.*, (2003) mencionan que el envejecimiento de la semilla conduce a pérdidas de germinación y vigor, en función del genotipo y el ambiente. Además dicen que el envejecimiento redujo la eficiencia metabólica de los endospermos y de los ejes embrionarios en semillas de maíz.

## **Deterioro**

Delouche (2002) menciona que el deterioro de semillas puede ser visto como un complejo de cambios que ocurren con el pasar del tiempo, causando perjuicios a sistemas y funciones vitales, resultando en la disminución en el



grado de la capacidad de desempeño de la semilla. El deterioro empieza después que la semilla alcanza la maduración fisiológica y continua hasta perder su capacidad de germinar. La duración del proceso de deterioro es determinada principalmente por la interacción entre herencia genética, su contenido de humedad y la temperatura.

Por su parte Duffus (1985) menciona que durante el deterioro, las semillas tienden a perder azúcares no reductores, esto debido a la respiración. También menciona que el deterioro es el responsable de la pérdida de viabilidad en las semillas.

Delouche y Baskin (2001) argumentan que las consecuencias del deterioro en el campo son la reducción de la densidad de semillas, aumento de ácidos grasos libres, aumento de la producción de plántulas anormales y de semillas muertas, reducción en la germinación y en el vigor.

### **Características del deterioro**

Delouche (2002) enlista las siguientes características del deterioro.

- 1) El deterioro de la semilla es un proceso inexorable o inevitable;
- 2) El deterioro es irreversible;
- 3) Existen diferencias inherentes entre especies cuanto a la longevidad de la semilla;
- 4) El deterioro es mínimo en la maduración de la semilla;

- 5) La velocidad de deterioro varía entre lotes de semillas de la misma variedad;
- 6) La velocidad de deterioro varía entre semillas individuales dentro de un lote.

### **Agricultura orgánica**

Zúñiga (2006) define a la agricultura orgánica como un sistema de producción (hortalizas, granos, frutos y forrajes, sin la aplicación de productos químicos, en los que solo se utilizan estrategias naturales para la nutrición del cultivo y el control de insectos y enfermedades.

La agricultura orgánica es una forma de producción, basada en el respeto al entorno para producir alimentos sanos de la máxima calidad y en cantidad suficiente, utilizando como modelo a la misma naturaleza, apoyándose en los conocimientos científicos y técnicos vigentes. El desarrollo de la agricultura orgánica busca la recuperación permanente de los recursos naturales afectados para el beneficio de la humanidad. Además se orienta a proporcionar un medio ambiente limpio y balanceado, potenciar la capacidad productiva y fertilidad natural de los suelos, optimizar el reciclaje de los nutrientes, el control natural de plagas y enfermedades ([http://www.manualdelombricultura.com/manual/agricultura\\_organica/importancia.html](http://www.manualdelombricultura.com/manual/agricultura_organica/importancia.html)).

## **Ventajas de la agricultura orgánica**

Zúñiga (2006) enlista una serie de ventajas tales como:

- 1.- Se tienen agroproductos más sanos que favorecen la salud de los consumidores.
- 2.- Se tiene un sobreprecio en las cosechas que varia de 45- 200 % con respecto a las cosechas convencionales.
- 3.- Protege el medio ambiente al no utilizar productos contaminantes como de alta residualidad como los son algunos agroquímicos.
- 4.- Es una buena alternativa de producción para las áreas rurales que practican la agricultura tradicional, pues no requiere de fuertes inversiones en equipo e infraestructura.
- 5.- Se tiene una alta demanda de productos orgánicos, lo que facilita su comercialización.

## **Composta**

Domínguez (1981) menciona que la composta es el resultado de poner a fermentar residuos vegetales en montones recubiertos de tierra, a los cuales se les aplican riegos y de hacerlo con purín o soluciones de abonos amoniacales activaran su descomposición.

Alvarez (1998) menciona que la calidad de una composta esta dada en base a la cantidad de ácidos húmicos; así, entre más ácido húmico contenga la composta ésta será de mejor calidad.

### **Materiales que se pueden utilizar en la composta**

Cruz (1986) argumenta que de forma general en la producción de compostas se pueden utilizar materiales como; residuos vegetales, estiércol, hojarascas y residuos industriales de origen orgánico, estos se pueden mezclar o bien en forma separada y para su descomposición se ponen en forma de pilas ó en montones.

### **Organismos presentes en la composta**

Cruz (1986) dice que la transformación de compuestos orgánicos a inorgánicos, es realizada por los microorganismos (bacterias y hongos), tanto aerobios como anaerobios. Los compuestos mas importantes que van a ser transformados son los carbohidratos y proteínas.

Por su parte, De la Cruz (2005) menciona que los organismos más abundantes en la composta son las bacterias, las cuales generan el calor asociado con el composteo y las que realizan la descomposición principal de los materiales orgánicos, las bacterias no se tienen que agregar a la composta, ya que están presentes en todos los materiales orgánicos y se reproducen rápidamente bajo condiciones favorables de humedad, oxígeno, balance

propicio de carbón y nitrógeno, y una superficie amplia. Así mismo, menciona que en la composta existen diferentes tipos de bacterias. Cada tipo crece bajo condiciones especiales y con diferente material orgánico. Existen bacterias psicrófilas que pueden degradar materia orgánica aún a bajas temperaturas, pero al degradar el material generan suficiente calor para el crecimiento del siguiente tipo de bacterias que son las mesófilas que prosperan en un rango de temperatura medio, entre los 20 a 35°C, su actividad eleva la temperatura hasta los 45°C, lo que propicia que se desarrollen las bacterias termófilas, que son las que prefieren el calor y elevan la temperatura de la composta hasta 75°C, y las que degradan la mayor parte del material a compostar y una vez que baja su actividad la composta reduce su temperatura. Además de las bacterias en la composta proliferan gran cantidad de organismos, muchos de los cuales se alimentan de ellas. Estos organismos incluyen a los actinomicetos, hongos, protozoarios, nematodos, tijeretas, cochinillas, mil pies, etcétera, todos ellos ayudan en la fragmentación y descomposición de la materia orgánica.

### **Lombricomposta**

Es una Biotecnología, que utilizando ciertas especies de lombrices de tierra permite recuperar de los desechos orgánicos los mejores nutrientes naturales para utilizarlos como fertilizante orgánico, denominado humus de lombriz. Además, de aprovechar una excelente fuente de proteínas, aminoácidos, vitaminas y sales minerales. Su práctica se constituye en un buen instrumento de defensa del medio ambiente. La lombricomposta, además de ser

un excelente fertilizante, es un mejorador de las características físicas, químicas y biológicas del suelo ([http://www.sagarpa.gob.mx/Dgg/nmx/humus/forma\\_humus\\_110805.doc](http://www.sagarpa.gob.mx/Dgg/nmx/humus/forma_humus_110805.doc))

Por su parte, Martínez (1999) menciona que la lombricomposta es la excreta de la lombriz, la cual se alimenta de desechos en descomposición, el color de la lombricomposta varía entre el negro, café oscuro y gris, dependiendo del desecho reciclado; no tiene olor y es granulada. La característica más importante de la lombricomposta es su alta calidad microbiana, la cual le hace ubicarse como un excelente material regenerador de suelos. Además tiene un pH neutro, con valores que oscilan entre 6.8 y 7.2, característica que le permite ser aplicada aun en contacto directo con la semilla, sin causarle daño, sino al contrario, crea un medio desfavorable para ciertos microorganismos patógenos y favorable para el desarrollo de las plantas.

### **Usos y beneficios de la lombricomposta**

De acuerdo a De la Cruz (2005) los principales usos y beneficios de la lombricomposta son los siguientes: es muy variable de una cosecha a otra ya que las condiciones bajo las que se produce influyen en el producto final, uno de los factores es la cantidad de agua, si se aplican cantidades fuertes de agua se relava el material quedando más pobre. También la calidad de la lombricomposta está en función del valor nutritivo de los desechos que

consume, entre mejor sea la calidad del alimento mejor será la calidad de la lombricomposta.

- La lombricomposta o humus de lombriz, tiene un color oscuro a negro, se encuentra en forma de gránulos y con olor a tierra húmeda, es rica en hormonas, auxinas, giberelinas y citocininas, siendo esta última la que se encuentra en mayor concentración.
- La lombricomposta presenta una carga de microorganismos muy alta, de varios millones por gramo de material seco, lo que genera una alta carga enzimática y bacteriana, que ayuda en la solubilización de los nutrientes en el suelo.
- La lombricomposta se puede usar de la misma manera que la composta, pero es un abono de mayor calidad, la forma de distribución es igual y se puede utilizar en todos los cultivos. La lombricomposta tiene más nutrientes, humus y microorganismos por gramo seco que la composta, lo que la convierte en un excelente mejorador de suelos.

### **Biodigestados líquidos**

Rivera (2004) menciona que el biodigestado líquido es un compuesto líquido bioorgánico concentrado, natural, inocuo e inodoro, que se obtiene del escurrimiento generado al regar y/o lavado de pila, donde se encuentran las lombrices o el proceso de composteo.

Por otra parte, Alonso (2004) dice que es uno de los pocos fertilizantes ecológicos con una gran flora bacteriana (40 a 60 millones de microorganismos por centímetro cúbico), capaz de enriquecer y regenerar las tierras.

### **Sustancias húmicas**

Porta (2003) menciona que las sustancias húmicas son el producto de la alteración de la materia orgánica, por acción microbiana y por procesos abióticos.

Martínez (1999) argumenta que las sustancias húmicas equivalen al producto final del proceso de descomposición que sufren los desechos orgánicos con o sin lombrices, razón por la cual es alto el contenido de estas sustancias en la lombricomposta, lo que le facilita a la planta una mejor absorción de nutrimentos asimilables. También se asocia la presencia de estas sustancias húmicas con la actividad enzimática, además de que aporta una amplia gama de sustancias fitorreguladoras del crecimiento.

Petrovic (1982) reporta que los principales efectos de las sustancias húmicas en la agricultura son; la estimulación e incremento de la expansión y división celular, además de que poseen propiedades similares a las auxinas, intensifican el metabolismo y desarrollo de las plantas, favorecen la germinación de la semilla, aceleran la captación de agua y absorción de minerales al activar con ello la actividad enzimática, mejoran la permeabilidad de las membranas y



efectos nutritivos, incrementan la capacidad de intercambio catiónico, permiten el desarrollo radicular e incrementan la población microbiana en el suelo.

### **Ácidos Húmicos**

Los ácidos húmicos son el conjunto de sustancias que se encuentran en fase de transformación bioenzimática, cuyo proceso se ha originado a partir de polímeros biológicos muy complejos estructuralmente y muy ricos en energía acumulable. Estos se pueden considerar como el producto final del proceso de humificación (Compagnoni y Putzol, 1998)

Álvarez (1998) al aplicar ácidos húmicos derivados de materiales orgánicos compostados en el cultivo del cilantro, encontró resultados sobresalientes en altura de planta, peso fresco y seco, siendo el mejor material el estiércol fermentado (anaerobicamente) durante 30 días. Además, realizando un conteo de plantas a los 21 días después de la siembra, este mismo material destaco al ser el que mas plantas germinadas presento.

Pimienta (2004) en su trabajo de investigación concluye que la combinación de sustancias húmicas de origen orgánico y fertilizantes permite una mejor nutrición, que es reflejada en el crecimiento, desarrollo y mejor calidad de plántula.

## **Ácidos fúlvicos**

Camacho (2001b) argumenta en su trabajo de investigación que al adicionar ácidos fúlvicos al medio donde se presenta una aceleración en el estímulo de la actividad metabólica en los tejidos meristemáticos, en los cuales las células se dividen, multiplican y diferencian, en el embrión de la semilla, raíces, tallos y primordios de las hojas favorece el incremento del crecimiento y desarrollo vegetal en un periodo de tiempo determinado.

Ramírez (2003) en su trabajo de investigación menciona que el ácido fúlvico de origen orgánico favoreció el crecimiento de las plántulas de tomate, al afectar de manera positiva los diferentes órganos vegetales.

## **Fito hormonas**

Bidwell (1993) se refiere a este término al hablar de compuestos naturales ó sintéticos que inducen respuesta en el crecimiento, el desarrollo ó metabolismo. En general, estas sustancias no son metabolitos en el sentido de que no son intermediarios ni productos en las vías de transformación que controlan, y son activas a concentraciones muy bajas.

Salisbury y Ross (2000) mencionan que una hormona vegetal es un compuesto orgánico sintetizado en una parte de la planta y translocado a otra parte, donde en concentraciones muy bajas produce una respuesta fisiológica.

### **Auxinas**

El nombre auxina significa en griego "crecer" y es dado a un grupo de compuestos que estimulan la elongación. La auxina es miembro de un grupo de hormonas vegetales; son sustancias naturales que regulan muchos aspectos del desarrollo vegetal. (<http://www.monografias.com/trabajos10/auxinas/auxinas.shtml>).

Bidwell (1993) menciona que en Holanda en 1920, Fritz Went, efectuó experimentos que probaron definitivamente la existencia de una sustancia difusible que estimula el alargamiento celular, y en la década de 1930 se conoció la estructura e identidad de la auxina, el ácido indolacético (IAA). Las actividades de las auxinas incluyen tanto la estimulación (principalmente alargamiento celular) como inhibición del crecimiento, y la misma célula ó estructura puede exhibir respuestas opuestas dependiendo de la concentración de IAA. Además, las auxinas actuando solas ó acompañadas con otras hormonas, estimulan o inhiben otros eventos, que van desde las reacciones enzimáticas individuales hasta la división celular y formación de órganos.

Por su parte Díaz (2002) argumenta que la primera auxina identificada químicamente fue el ácido indol-3 acético (AIA), esta además de inducir la elongación y división celular tiene relación en procesos de diferenciación como formación de raíces y tejidos de cambium, floema y xilema. También menciona que algunos de los elementos tienen una función importante en la síntesis de las auxinas; como el nitrógeno, a partir del cual se forman los aminoácidos y el Zn., el cual resulta indispensable en las reacciones enzimáticas.

### **Giberelinas**

Bidwell (1993) menciona que estos compuestos se descubrieron en Japón cuando se encontró que los extractos de un hongo patógeno (*Giberella fujikuroi*) que atacaba el arroz duplicaba los síntomas de la enfermedad. Menciona también que la acción principal de las giberelinas es promover el alargamiento en ciertas fases de la germinación de la semilla, en el rompimiento del letargo y en varios procesos formativos.

Por otro lado, Salisbury y Ross (2000) mencionan que las semillas en estado inmaduro contienen cantidades relativamente altas de giberelinas comparadas con otras partes de la planta, además dice que extractos acelulares de las semillas de algunas especies pueden sintetizar giberelinas.

Ortíz (1999) dice que en Chile piquín; varios experimentos preeliminares han mostrado que la semilla humedecida con GA de 500 a 1000 ppm aumenta el porcentaje y la tasa de germinación.

## **Citocininas**

Salisbury y Ross (2000) definen a las citocininas como compuestos de adenina sustituidos que promueven la división celular. En gran parte, Bidwell (1993), coincide con lo antes mencionado, al decir que la citocinina es una hormona que estimula la citocinesis. También menciona que además de estimular la división celular, median un amplio rango de respuestas y en presencia de la auxina, diversas concentraciones de cinetina provocan el crecimiento de radículas y talluelos.

Por otra parte, Ray (1985) argumenta que la citocinina natural mejor caracterizada es la zeatina, un derivado de la base purínica adenina del DNA y RNA. Además nos describe algunos efectos de las citocininas tales como; participan en la regulación de la división celular, en el crecimiento normal, se oponen al envejecimiento y promueven la expansión de hojas, impidiendo la descomposición de la proteína y la clorofila que ocurre de manera normal cuando la hoja se hace vieja, de esta forma pueden controlar la senescencia y pueden servir como una hormona juvenil de las plantas.

### **Investigaciones realizadas.**

Pliego (2002) en su trabajo de investigación encontró que al aplicar productos biorreguladores a las semillas de maíz (*Zea mays*), estos superaron

al testigo en longitud de radícula y longitud de plúmula. Además encontró que el Biozyme PP no tuvo influencia en el porcentaje total de germinación.

Ayala (2006) al aplicar productos orgánico-hormonales en semillas de trigo, reporta que los biodigestados líquidos propiciaron una mejor germinación que los demás tratamientos, esto lo atribuye entre otras cosas a la forma líquida del producto, pues dice que de ésta manera se adhiere más fácilmente a la semilla.

Carballo (2001) al utilizar productos a base de hormonas de crecimiento en cultivos básicos encontró, que el producto experimental que mejor estimula la germinación en comparación con los comerciales es el GBM044, al cual lo describe como un producto experimental a base de giberelinas. Además este mismo producto destacó al mostrar un desarrollo desproporcional de la plúmula con relación al resto de los tratamientos.

Reynaga (2006) concluye que los productos orgánicos hormonales tienen efectos positivos en la estimulación de la germinación de semillas de Chile y en las subsecuentes etapas de desarrollo de las plántulas. Estos resultados los atribuye a las concentraciones, tanto de hormonas como de microelementos presentes en dichos productos.

Flores (2004) al aplicar abonos orgánicos y productos comerciales hormonales en plántulas de tomate, menciona que el producto comercial con mejor efecto fue el Biogib 10 ps (hormona vegetal), ya que sobresale del resto

de los tratamientos. Sin embargo argumenta que algunos abonos orgánicos tienen también efecto positivo sobre la germinación, emergencia y el desarrollo del cultivo.

Velasco (2005) aplicó productos orgánicos-hormonales derivados de composta y lombricomposta en semillas de avena y reporta que para la variable germinación, el valor más alto lo presenta el biodigestado líquido mixto (BLM) al presentar un incremento de 20% en comparación con el testigo absoluto (agua). También encontró que los productos hechos a base de sedimentos, tanto solos como combinados presentaron los valores más altos para; longitud de plúmula, longitud de radícula y peso seco de plántula.

Vázquez (2001) menciona que al aplicar productos reguladores del crecimiento en semillas de lechuga se tuvieron incrementos en germinación del diez por ciento, siendo el Biozyme PP en sus dosis baja y Biozyme TS en sus tres dosis (baja, media y alta) como los productos de mejor respuesta. Además reporta que el ácido fúlvico también manifestó un efecto estimulante en la germinación de la semilla de lechuga.

García (2006) al aplicar productos orgánicos y con propiedades hormonales, encontró que; en la variable longitud media de plúmula, el sedimento mixto proporcionó una mayor elongación con 13.2 cm., superando al testigo absoluto (agua), así como a los productos comerciales (Biozyme TS y Biozyme PP) con 3.48, 1.54 y 1.36 cm. respectivamente. En tanto, que para la

longitud de radícula, el sedimento de composta se comporto mejor, superando también al testigo absoluto y a los productos comerciales antes mencionados.

Olivares (2006) al utilizar productos derivados de composta y lombricomposta en la germinación de semillas de sorgo, observó que el tratamiento 15 (sedimento de composta + Lombricomposta en polvo) se comporto muy uniforme en las diferentes condiciones (laboratorio e invernadero). Además se comporto bien en todas las variables evaluadas por lo que, lo adjudica como el mejor tratamiento en general.



## **MATERIALES Y MÉTODOS**

### **Ubicación geográfica del experimento**

La parte experimental de la presente investigación se realizó en el laboratorio de ensayo de semillas del Centro de Capacitación y Desarrollo de Tecnología de Semillas (CCDTS) y en el invernadero número cinco, ambos lugares pertenecen a la Universidad Autónoma Agraria “Antonio Narro”, la cual está ubicada en Buenavista, Saltillo, Coahuila, México, con una latitud norte de 25° 22', una longitud Oeste 101° 00' y una altitud de 1742 msnm.

### **Productos orgánicos utilizados**

Se utilizaron siete productos de origen orgánicos, siendo estos; Biodigestado líquido de composta, Biodigestado líquido de lombricomposta, Biodigestado líquido mixto, Sedimento de composta, Sedimento de lombricomposta, Sedimento mixto y Lombricomposta en polvo. También se utilizaron dos productos comerciales; Biozyme TS y Biozyme PP, los cuales se tomaron como testigos relativos. En seguida se describe cada uno de estos.

### **Biodigestado líquido de composta**

Es un compuesto líquido, el cual se obtiene al separar la parte humificada y mineralizada del proceso de composteo, éste líquido se forma a partir del escurrimiento generado al aplicar el riego a las camas de composta, éstas requieren de un 60 % de humedad para su buen mantenimiento.

### **Biodigestado líquido de lombricomposta**

Es un compuesto líquido que se forma de igual manera que el material anterior y que con la intervención de la lombriz (*Eisenia foetida*) presente en las camas, éste se obtiene de una serie de escurrimientos que se forman al mantener la cama de lombricomposta a una humedad constante de 80 % de humedad.

### **Biodigestado líquido mixto**

Es una mezcla del biodigestado líquido de composta más el biodigestado líquido de lombricomposta con una relación 1:1, los cuales se complementaron uno al otro de acuerdo a los nutrientes.

### **Sedimento de composta**

Este material es el precipitado resultante del biodigestado líquido de composta, éste se obtuvo llevando a dicho líquido a una estufa con una temperatura de 45 °C, después se tamizó para poder ser utilizado y aplicado en polvo.

### **Sedimento de lombricomposta**

Se obtiene de la misma manera que el sedimento de composta, con la diferencia que éste se genera del biodigestado líquido de lombricomposta, se utiliza también en forma de polvo previamente tamizado.

### **Sedimento mixto**

Este es un polvo, resultado del sedimento que se obtiene al hacer la mezcla entre los biodigestados líquidos de composta y lombricomposta con una relación 1:1, esta combinación se llevó a una estufa a una temperatura de 45 °C y su posterior sedimento fue tamizado para poder ser utilizado.

### **Lombricomposta en polvo**

Esta se obtiene de la cosecha de la lombricomposta pura que se encuentra en las camas, la cual antes de ser utilizada se le elimina el exceso

de humedad, sometiéndola a una temperatura de 45 °C en una estufa, después es tamizada para obtener un polvo fino para su aplicación.

### **Biozyme TS (testigo relativo 2)**

Es un producto comercial del Grupo Bioquímico Mexicano (GBM); un regulador de crecimiento vegetal, líquido, que trabaja a partir de extractos de origen vegetal y fitohormonas biológicamente activas, como giberelinas (77.4 ppm), ácido indolacético (33 ppm) y zeatina (128.7 ppm). Se utiliza exclusivamente para el tratamiento de semillas, es además estimulante de la germinación y principio de desarrollo de plántulas.

### **Biozyme PP (testigo relativo 1)**

Es un producto comercial de (GBM) viene en una presentación en polvo y es un estimulante en la germinación de semillas. Es una fuente natural de estimulantes biológicamente activos que promueven una rápida y uniforme germinación de las semillas, un mejor desarrollo del sistema radicular y la protección de algunas condiciones adversas en las primeras fases de desarrollo de plántulas. Contiene hormonas biológicamente activas como son ácido indolacético (12.25 ppm) giberelinas (28.5 ppm) y zeatina (47.8 ppm).

## **Agua (testigo absoluto)**

Aquí no se realizó aplicación alguna, solo se tomó en cuenta la humedad de los tacos que contenían la semilla. Éste testigo fue el que sirvió de referencia para comparar a todos los demás tratamientos.

El presente trabajo consistió en tres etapas siendo estas: 1). Determinar la actividad hormonal y mineral de los productos orgánicos. 2). Formular un producto orgánico hormonal en base a la composición química tomando como referencia al producto comercial mas utilizado (Biozyme TS) y 3). Evaluar los productos orgánicos solos o combinados con respecto a productos comerciales. A continuación se describen cada una de las etapas:

### **Etapas I**

#### **Determinación de la actividad hormonal y mineral de los productos orgánicos**

Para esta etapa, se obtuvieron siete productos orgánicos derivados de la lombricultura y del composteo, todos ellos fueron obtenidos de la sección Agrotecnia del Departamento de Fitomejoramiento de esta Universidad. Estos productos fueron enviados al laboratorio de investigación agrícola del Grupo Bioquímico Mexicano para que se les determinara su actividad hormonal y composición mineral. Esta etapa fue desarrollada de Mayo a Julio de 2005.

Los productos analizados fueron: 1). Biodigestado líquido de composta, 2). Biodigestado líquido de lombricomposta, 3). Biodigestado

líquido mixto, 4). Sedimento de composta, 5). Sedimento de lombricomposta, 6). Sedimento mixto y 7). Lombricomposta en polvo. Cabe mencionar, que la actividad hormonal fue obtenida en el desarrollo de plántulas de lechuga (para la actividad giberelínica), en plántulas de amaranto (para la actividad citocinínica), y en plántulas de trigo (para determinar la actividad auxínica).

El procedimiento de la actividad hormonal y mineral utilizado en los productos no fue proporcionada por la empresa GBM, ya que se consideran procedimientos confidenciales por la misma, incluso no nos fue posible el de participar en forma directa en la determinación de la actividad hormonal y mineral, ya que solamente se nos proporcionaron sus resultados. Solo se proporciono la clave de trabajo; IT-IN-P001, IT-IN-P002, IT-IN-P003.

## **Etapa II**

### **Formulación de productos orgánicos hormonales en base a la composición de las zeatinas tomando como base al Biozyme TS**

Debido a la gran heterogeneidad de la actividad hormonal y mineral registrada en los siete productos orgánicos y a la complejidad para fijar un punto de referencia en cuanto a la composición, se determinó formular una combinación de productos orgánicos, sean estos solos o en combinación, tomando como referencia la actividad hormonal de las zeatinas, para esto se tomo como base la concentración de 128.7 ppm ( $0.128 \text{ g l}^{-1}$ ) de zeatina que contiene el producto comercial Biozyme TS.

## **Etapa III**

## **Evaluación de los productos orgánicos solos o combinados con respecto a productos comerciales**

### **Material genético**

Se utilizaron semillas de maíz (*Zea mays L.*), las cuales, al realizarles una prueba preeliminar, mostraron un bajo porcentaje de germinación (68%).

### **Tratamientos**

En seguida se presentan las dosis utilizadas en semilla de maíz para un kilogramo y para 600 semillas (180) gramos de los productos orgánico-hormonales utilizados en el experimento, los cuales se prepararon estandarizando el nivel de citocininas (zaetina), recomendado por el producto comercial del Grupo Bioquímico Mexicano (GBM) Biozyme TS.

**Cuadro 3.1.** Dosis aplicadas a la semilla de maíz para 1 kg. y para 600 semillas (180 grs.)

Tratamiento	Dosis por kg. de semilla		Dosis por 180 grs. de semilla	
T1: BLM	4.68 ml.		0.842 ml.	
T2: SM	3.32 gr.		0.598 gr.	
T3: SC	7.48 gr.		1.346 gr.	
T4: BLM +BLC	4.25 ml	4.25 ml.	0.765 ml.	0.765 ml.
T5: BLM + BLL	4.49 ml.	4.49 ml.	0.808 ml.	0.808 ml.
T6: BLM + SM	4.02 ml.	4.02 gr.	0.724 ml.	0.724 ml.
T7: BLM+LP	4.67 ml.	4.67 gr.	0.841ml.	0.841ml.
T8: SM+BLC	3.11 gr.	3.11 ml.	0.560 gr.	0.560 gr.
T9: SM+BLL	3.23 gr.	3.23 ml.	0.581 gr.	0.581 gr.
T10: SM+SL	2.98 gr.	2.98 gr.	0.536 gr.	0.536 gr.
T11: SM+LP	3.32 gr.	3.32 gr.	0.598 gr.	0.598 gr.
T12: SC+BLC	6.45 gr.	6.45 ml.	1.161 gr.	1.161 gr.
T13: SC+BLL	7.02 gr.	7.02 ml.	1.263 gr.	1.263 gr.
T14: SC+SL	5.93 gr.	5.93 gr.	1.067 gr.	1.067 gr.
T15: SC+LP	7.47 gr.	7.47 gr.	01.344 gr.	01.344 gr.
T16: BTS	2.00 ml.		0.36 ml.	
T17: BPP	5.38 gr		0.0.968 gr	
T18: Ag	0		-----	

### Preparación de los tratamientos

Se contaron 600 semillas de maíz, realizando 5 repeticiones y sacando el peso promedio, el cual fue de 180 gramos. Lo anteriormente mencionado se realizó para poder determinar las equivalencias que los productos comerciales recomiendan por kg. de semilla y por regla de tres simple se determinó la cantidad de producto a utilizar para 180 grs. Se utilizaron 18



vasos de unicel donde posteriormente se depositaron 600 semillas en cada uno de ellos.

En seguida se pesaron en una balanza analítica los productos correspondientes a cada tratamiento, después, la semilla fue depositada en cajas petri (un tratamiento por caja) y se aplicaron las dosis correspondientes a los tratamientos, cuando estos fueron líquidos se utilizó una pipeta graduada.

Se le aplicó como adherente extracto de sábila (*Aloe vera*), agitando lo suficiente hasta que los productos quedaron perfectamente adheridos a la semilla. Después se dejó reposar por 24 horas antes de la siembra.

En relación a las combinaciones de los tratamientos descritos en el cuadro 3.1, con el fin de aplicar la misma cantidad de cada producto, la dosis total se dividió entre ambos productos.

### **En laboratorio**

#### **Siembra**

La semilla fue sembrada en hojas de papel para germinar, al cual a la mitad se le pegó cinta adhesiva de doble cara; sobre la cinta fueron colocadas 25 semillas de maíz orientando el embrión hacia la parte inferior del papel, enseguida, se humedeció dicho papel, se le colocó otra hoja

húmeda sobre la semilla, se envolvieron en forma de taco y se marco de acuerdo al tratamiento y repetición correspondiente.

Se formaron un total de 18 tratamientos con tres repeticiones por tratamiento y cuatro tacos por repetición. Se depositaron en bolsas de polietileno, luego fueron incubados en una cámara de germinación a una temperatura constante de 25 °C. y se regó a los cuatro días después de la siembra, cuidando tener la humedad necesaria para la germinación de las semillas.

### **Variables evaluadas**

#### **Germinación estándar**

Para determinar ésta variable se utilizó la metodología propuesta por la ISTA (1996), donde se utilizaron 4 repeticiones de 50 semillas por tratamiento, que fueron sembradas en papel para germinar, éste fue humedecido, luego se enrolló en forma de taco y se cubrieron con polietileno en posición vertical en una parrilla y posteriormente en la cámara germinadora a  $25\text{ °C} \pm 2\text{ °C}$  de temperatura durante 7 días. Además se tomaron los siguientes datos: plántulas normales, plántulas anormales y semillas sin germinar.

### **Longitud media de plúmula**

Para medir esta variable se tomaron 10 plantas por repetición, las cuales fueron tomadas al azar, a éstas se les midió su longitud de plúmula con una regla graduada, la toma de datos se reporto en centímetros y posteriormente se saco el promedio.

### **Longitud media de radícula**

En esta variable se tomaron las mismas 10 plantas que se utilizaron para medir la variable anterior, sólo que en éste caso se midió la longitud de radícula de cada una de las plantas con una regla graduada, los resultados se expresaron en centímetros y enseguida se calculó su promedio.

### **Peso seco de plántula**

Para medir esta variable se utilizaron las mismas plántulas que se tomaron para las variables longitud media de plúmula y radícula, las cuales se colocaron dentro de bolsas perforadas de papel estraza y después se llevaron a una estufa a 65 °C por 24 horas.

Al cumplirse las 24 horas antes mencionadas; las plántulas se sacaron de la estufa, se les separo la bolsa y se pesaron, para lo cual se utilizó una

balanza analítica de precisión de 0.0001 gr., expresando el resultado en miligramos/plántula. Por último se sacó su promedio.

### **En invernadero**

#### **Siembra**

La siembra se realizó en el invernadero número cinco de la UAAAN, el día 18 de Febrero de 2006, para esta actividad se utilizaron charolas germinadoras, las cuales cuentan con 200 cavidades, como sustrato se utilizó peat moss, el cual antes de ser depositado en las charolas fue humedecido. Se utilizaron 18 tratamientos, tres repeticiones por tratamiento, sembrando así 20 cavidades por repetición y se depositó una semilla por cavidad. Los tratamientos fueron distribuidos en forma aleatoria de acuerdo al sorteo realizado (tipo tómbola).

#### **Variables evaluadas**

**Emergencia total.** Para esta variable se realizó un solo conteo, el cual se llevó a cabo a los 14 días después de la siembra, donde se contabilizaron como plántulas emergidas, las que tuvieron 4 a 5 centímetros de longitud, después de la superficie del sustrato, éste resultado fue expresado en porcentaje (%).

**Longitud meda de plúmula.** Para medir esta variable se tomaron 10 plántulas por tratamiento, la muestra fue tomada al azar, pero de aquellas plántulas que presentaban una mayor uniformidad. Dichas plántulas fueron medidas desde la base del tallo hasta el ápice de la hoja, con la ayuda de una regla graduada, luego se obtuvo su promedio y el resultado fue reportado en centímetros.

**Longitud media de radícula.** Para esta variable fueron tomadas las plántulas que se utilizaron para el parámetro anterior. Se midió la longitud desde el cuello hasta la punta de la raíz, esto fue con una regla graduada, luego se sacó el promedio de las plántulas y se expreso esté en centímetros.

**Peso fresco de plántula.** Una vez evaluadas las variables anteriormente descritas se determinó el peso fresco de plántula, tomando para tal fin 10 plántulas por repetición de cada uno de los tratamientos, en seguida su peso fue determinado en una balanza analítica y el resultado se expresó en miligramos/plántula.

**Peso seco de plántula.** Esta variable se determinó inmediatamente después de tomar peso fresco de plántula; en donde se tomó la misma muestra (10 plántulas), las cuales se metieron en una estufa a 65 ° C por un tiempo de 24 horas. Pasadas las 24 horas se tomo su peso en una balanza analítica y el resultado fue expresado en miligramos/plántula.

## **Análisis estadístico**

Los datos de la presente investigación fueron sometidos a análisis de varianza para las variables medidas, utilizando un diseño experimental completamente al azar (DCA), con el mismo número de repeticiones durante las pruebas de laboratorio y de invernadero. También se hicieron pruebas de comparación de medias mediante la prueba de Tukey al nivel de significancia de 0.05 % de probabilidad para todas las variables evaluadas. Todos los análisis se realizaron utilizando el paquete estadístico SAS versión 7.0

### **Modelo estadístico**

Utilizando un diseño experimental completamente al azar, el modelo lineal utilizado para la presente investigación fue:

$$Y_{ij} = \mu + T_i + \xi_j$$

En donde:

$Y_{ij}$  = denota la j-ésima medición del tratamiento i-ésimo.

$\mu$  = media general.

$T_i$  = efecto del i-ésimo tratamiento.

$\xi_{ij}$  = error experimental de la j-ésima medición del i-ésimo tratamiento.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Etapa I

En el Cuadro 4.1 se presenta la actividad hormonal de los siete productos utilizados, donde se puede observar que destacan el sedimento mixto, el cual presenta 0.09 ppm de GA<sub>3</sub>, 77.27 ppm de zeatinas y 0.24 ppm de AIA; biodigestado líquido mixto con 0.01 ppm. de GA<sub>3</sub>, 55 ppm. de zeatinas y 0.29 ppm AIA; el sedimento de composta presentando 0.14 ppm de GA<sub>3</sub>, 34.38 ppm de zeatinas, y 0.27 ppm de AIA.

**Cuadro 4.1.** Actividad biológica de productos orgánicos.

Muestra	Actividad biológica equivalente a ppm por Litro ó Kilogramo de producto		
	GA <sub>3</sub>	Zeatina	AIA
BLC	0.02	5.50	0.27
BLM	0.01	55.00	0.29
BLL	0.002	2.30	0.12
SM	0.09	77.27	0.24
SL	1.20	9.00	3.33
SC	0.14	34.38	0.27
LP	0.04	0.07	2.92

Fuente: Laboratorio de Investigación Biológica de GBM (2005).

En el Cuadro 4.2 se describe la actividad mineral de dichos productos donde se observa que la mayor cantidad la presento la lombricomposta en polvo con 3,500 ppm de Mg, 37 ppm de Cu, 2,800 ppm de Fe, 212 ppm de Mn y 133 ppm. de Zn; le siguieron el sedimento de composta, el cual

muestra 2,100 ppm de Mg, 56 ppm de Cu, 686 ppm de Fe, 99 ppm de Mn y 107 ppm de Zn; también destaca el sedimento mixto con 1,300 ppm de Mg, 43 ppm de Cu, 398 ppm de Fe, 28 ppm de Mn y 64 ppm de Zn ; el que menor cantidad presentó fue el biodigestado líquido de lombricomposta al presentar 38 ppm de Mg, 32 ppm de Fe y no presento Cu, Mn ni Zn, sin embargo es el que muestra el pH menos alcalino.

**Cuadro 4.2.** Cantidades en ppm de microelementos, pH y densidad de los productos orgánicos de la UAAAN.

<b>Muestra</b>	<b>Mg Ppm</b>	<b>Cu ppm</b>	<b>Fe ppm</b>	<b>Mn ppm</b>	<b>Zn ppm</b>	<b>pH (%)</b>	<b>Da g/mL</b>
BLC	30	ND	32	ND	ND	8.50	0.995
BLM	124	ND	55	ND	ND	8.59	1.038
BLL	184	ND	78	ND	ND	8.56	1.080
SM	1300	43	398	28	64	10.25	----
SL	1200	41	366	26	61	10.14	----
SC	2100	56	686	99	107	9.98	----
LP	3500	37	2800	212	133	9.83	----

Fuente: Laboratorio de Investigación Biológica de GBM (2005)

### **Etapa II**

En el Cuadro 4.3 se describe la actividad mineral de los productos orgánicos formulados, entre los cuales destacan el T15 (sedimento de composta + lombricomposta en polvo), el cual tiene 5,600 ppm de Mg, 93 ppm de Cu, 3486 ppm de Fe, 311 ppm de Mn y 240 ppm de Zn; le siguieron el T11 (sedimento mixto + lombricomposta en polvo), con 4800 ppm Mg, 84 ppm de Cu, 764 ppm de Fe, 54 ppm de Mn y 125 ppm de Zn; el T7 (bidigestado líquido mixto + lombricomposta en polvo), muestra con 3,624 ppm de Mg, 37 ppm de Cu, 2855 ppm de Fe, 212 ppm de Mn y 133 ppm de Zn; el T14 (sedimento de composta + sedimento de lombricomposta), con 3300 ppm de Zn, 97 ppm de Cu, 1052 ppm de Fe, 125 ppm de Mn y 168 ppm de Zn.



**Cuadro 4.3.** Relación de productos formulados y actividad mineral a partir del ajuste de zeatinas, tomando como base la concentración de Biozyme TS (Laboratorio de Investigación Biológica, GBM).

No	Descripción	Composición Mineral (ppm)						Da g/ml
		Mg	Cu	Fe	Mn	Zn	pH	
1	Biodigestado líquido mixto (BLM)	124	ND	55	ND	ND	8.59	1.038
2	Sedimento mixto (SM)	1300	43	398	28	64	10.25	-----
3	Sedimento de composta (SC)	2100	56	686	99	107	9.98	-----
4	Biodigestado líquido mixto + biodigestado líquido de composta (BLM + BLC)	154	ND	87	ND	ND	8.54	1.0165
5	Biodigestado líquido mixto + biodigestado líquido de lombricomposta (BLM + BLL)	308	ND	133	ND	ND	8.575	1.059
6	Biodigestado líquido mixto + sedimento de lombricomposta (BLM + SL)	1324	41	421	26	61	9.495	1.080
7	Biodigestado líquido mixto + lombricomposta en polvo (BLM + LP)	3624	37	2855	212	133	9.21	1.038
8	Sedimento mixto + biodigestado líquido de composta (SM + BLC)	1330	43	430	28	64	9.375	0.995
9	Sedimento mixto + biodigestado líquido de lombricomposta (SM + BLL)	1484	43	476	28	64	9.405	1.080
10	Sedimento mixto + sedimento de lombricomposta (SM + SL)	2500	84	764	54	125	10.325	.....
11	Sedimento mixto + lombricomposta en polvo (SM + LP)	4800	84	3198	240	197	10.04	.....
12	Sedimento de composta + biodigestado líquido de composta. (SC + BLC)	2130	56	718	99	107	9.24	0.995
13	Sedimento de composta + biodigestado líquido de lombricomposta (SC +BLL)	2284	56	764	99	107	9.27	1.080
14	Sedimento de composta + sedimento de lombricomposta (SC + SL)	3300	97	1052	125	168	9.27	.....
15	Sedimento de composta + lombricomposta en polvo (SC + LP)	5600	93	3486	311	240	9.90	.....

### Etapa III

#### En el laboratorio

En el Cuadro 4.4 se presenta el análisis de varianza con sus respectivos cuadrados medios y nivel de significancia, para cada una de las variables evaluadas en semilla de maíz tratada con productos de origen orgánico y propiedades hormonales.

En este cuadro (4.5) podemos observar claramente que todas las variables en cuestión (germinación estándar, longitud media de plúmula, longitud media de radícula y peso seco de plántula), resultaron altamente significativas ( $\alpha=0.01$ ) para la fuente de tratamientos, además, los coeficientes de variación no son muy elevados, esto nos indica confiabilidad en los resultados obtenidos durante el experimento.

**Cuadro 4.4.** Muestra los cuadrados medios del análisis de varianza para las variables evaluadas en semilla de maíz deteriorada, la cual fue tratada con productos de origen orgánico-hormonal.

FV	GL	VARIABLES EVALUADAS			
		GS	LMP	LMR	PSP
<b>Tratamientos</b>	17	95.56**	2.69**	2.32**	63.06**
<b>Error expe.</b>	36	12.26	0.45	0.29	9.02
C. V.		4.37	7.68	3.77	5.54

\*\* = Altamente significativo (0.01%) \* = significativo (0.05) NS = no significativo

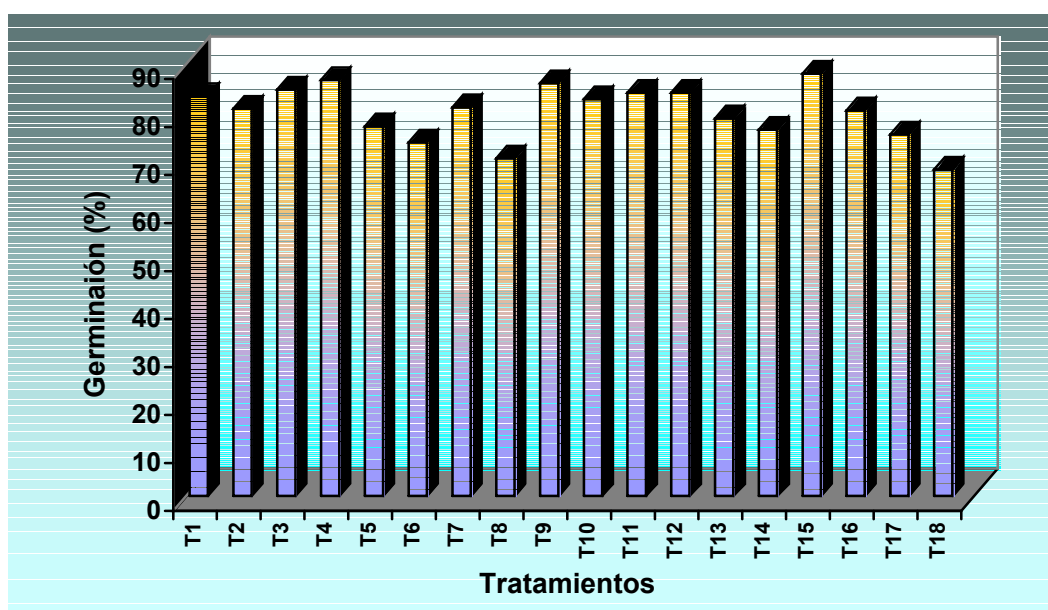
Debido a que las variables evaluadas mostraron un alto grado de significancia, se prosiguió a realizar una comparación de medias, la cual fue mediante la prueba de Tukey ( $\alpha = 0.05$ ).

**Cuadro 4.5.** Comparación de medias de las variables evaluadas en semilla de maíz.

Tratamientos	GS	LMP	LMR	PSP
T1: BLM	83.33 abcd	8.84 abcd	15.30 ab	56.05 bc
T2: SM	80.67 abcde	9.17 abc	14.44 abcd	54.64 bc
T3: SC	84.67 abc	9.10 abc	13.73 bcde	58.39 b
T4: BLM +BLC	86.67 ab	9.22 abc	15.24 ab	52.99 bc
T5: BLM + BLL	77.00 bcdef	8.72 abcd	14.51 abcd	54.23 bc
T6: BTS	73.67 def	7.74 cd	13.80 bcde	50.73 bc
T7: BLM+LP	81.00 abcde	9.48 abc	14.28 abcd	55.40 bc
T8: SM+BLC	70.33 ef	7.46 cd	13.55 cde	49.97 bc
T9: SM+BLL	86.00 abc	8.77 abcd	15.03 abc	51.94 bc
T10: SM+SL	82.67 abcd	8.82 abcd	13.99 bcd	53.10 bc
T11: SM+LP	84.00 abcd	9.95 ab	14.25 abcd	55.56 bc
T12: SC+BLC	84.00 abcd	9.96 ab	15.13 abc	55.07 bc
T13: SC+BLL	78.67 abcdef	8.83 abcd	14.57 abcd	54.28 bc
T14: SC+SL	76.33 bcdef	7.68 cd	13.73 bcde	53.30 bc
T15: SC+LP	<b>88.00 a</b>	<b>10.45 a</b>	<b>15.73 a</b>	<b>68.64 a</b>
T16: BTS	80.33 abcde	8.03 bcd	13.10 de	56.84 b
T17: BPP	75.33 cdef	8.30 bcd	13.30 de	50.76 bc
T18: Agua	68.00 f	6.79 d	12.31 e	46.97 c

## Germinación estándar

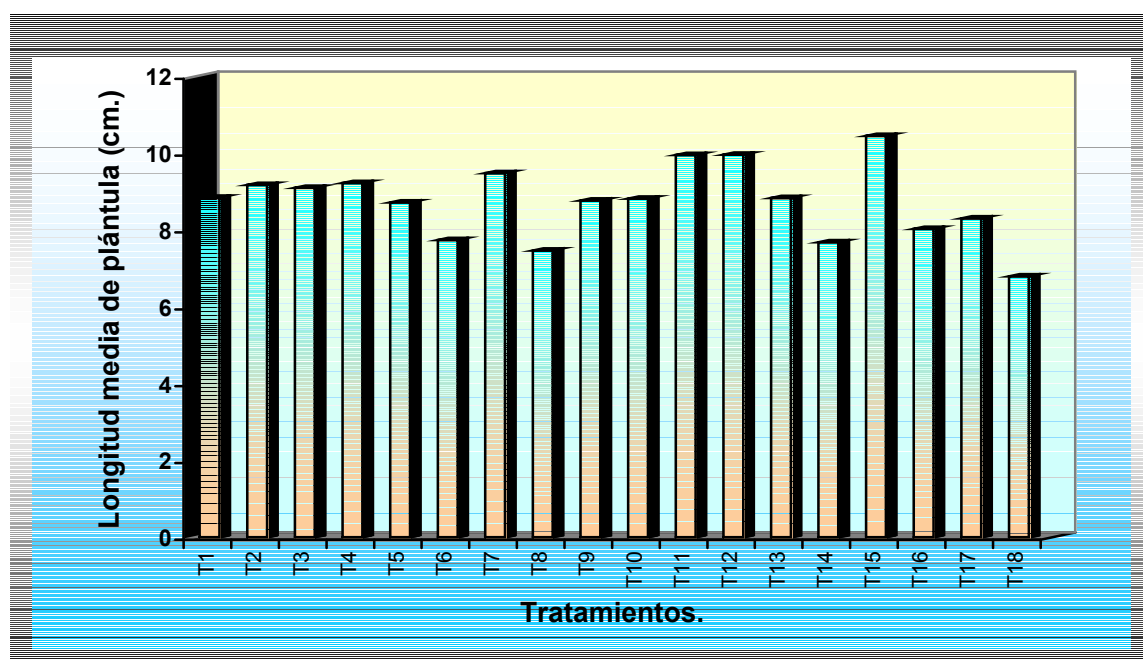
Al realizar la comparación de medias, mediante la prueba de tukey al 0.05 % (Cuadro 4.5), se observa que el mejor tratamiento para la variable germinación fue el T15 (sedimento de composta + lombricomposta en polvo), obteniendo un 88 % de germinación; seguido de los tratamientos 4 (biodigestado líquido mixto + biodigestado líquido de composta) y 9 (sedimento mixto + biodigestado líquido de lombricomposta); los cuales presentaron 86.67 y 80.00 % de germinación respectivamente, comparados con los peores tratamientos, los cuales fueron el T18 (testigo absoluto), el cual presentó un 68 % de germinación; T8 (sedimento mixto + biodigestado líquido de composta); T6 (Biodigestado Líquido Mixto + Sedimento de Lombricomposta) y T17 (Biozyme PP, testigo relativo) obteniendo valores de 70.33, 73.67 y 75.33 % de germinación respectivamente.



**Figura 4.1.** Por ciento de germinación en semillas de maíz tratadas con productos de origen orgánico- hormonal.

## Longitud media de plúmula

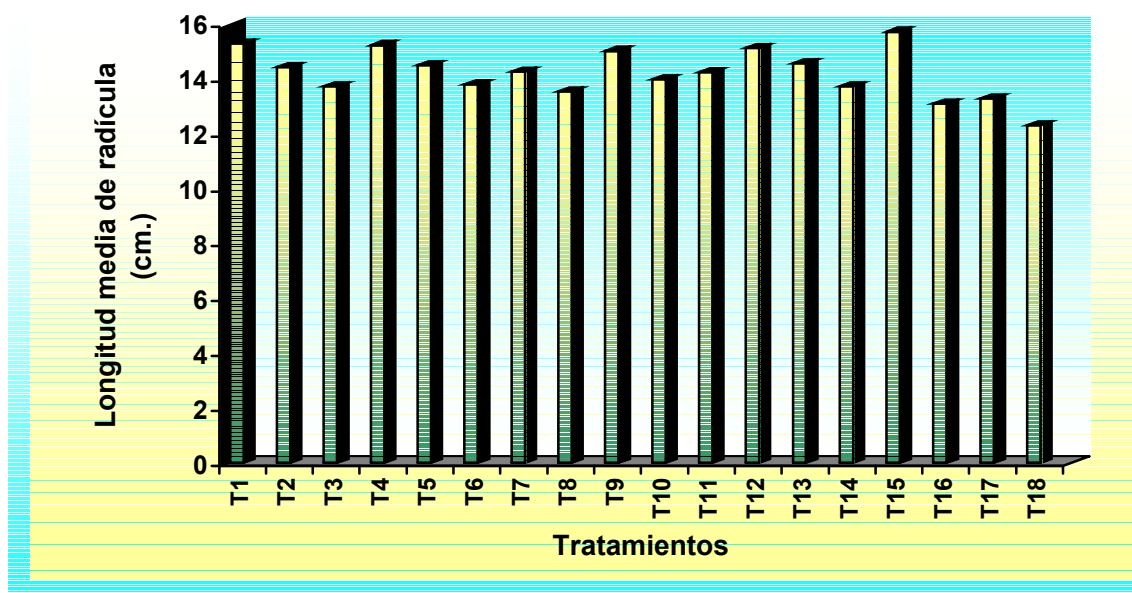
En la comparación de medias tukey 0.05% (Cuadro 4.5), se puede observar que el tratamiento que mejor se comportó fue el T15 (sedimento de composta + lombricomposta en polvo), siendo éste el que mayor longitud de plúmula alcanzó con un valor de 10.45 cm., le siguieron el T12 (Sedimento de Composta + Biodigestado Líquido de Composta), T11 (Sedimento Mixto + Lombricomposta en Polvo) obteniendo valores de 9.96 y 9.95 cm. respectivamente y los tratamientos que peor se comportaron fueron el T18 (testigo absoluto, agua), T8 (Sedimento Mixto + Biodigestado Líquido de Composta) y T14 (Sedimento de Composta + Sedimento de Lombricomposta), los cuales mostraron valores de 6.79, 7.46 y 7.68 cm. respectivamente.



**Figura 4.2.** Longitud media de plúmula, de plántulas provenientes de semillas de maíz tratadas con productos orgánico-hormonales

## Longitud media de radícula

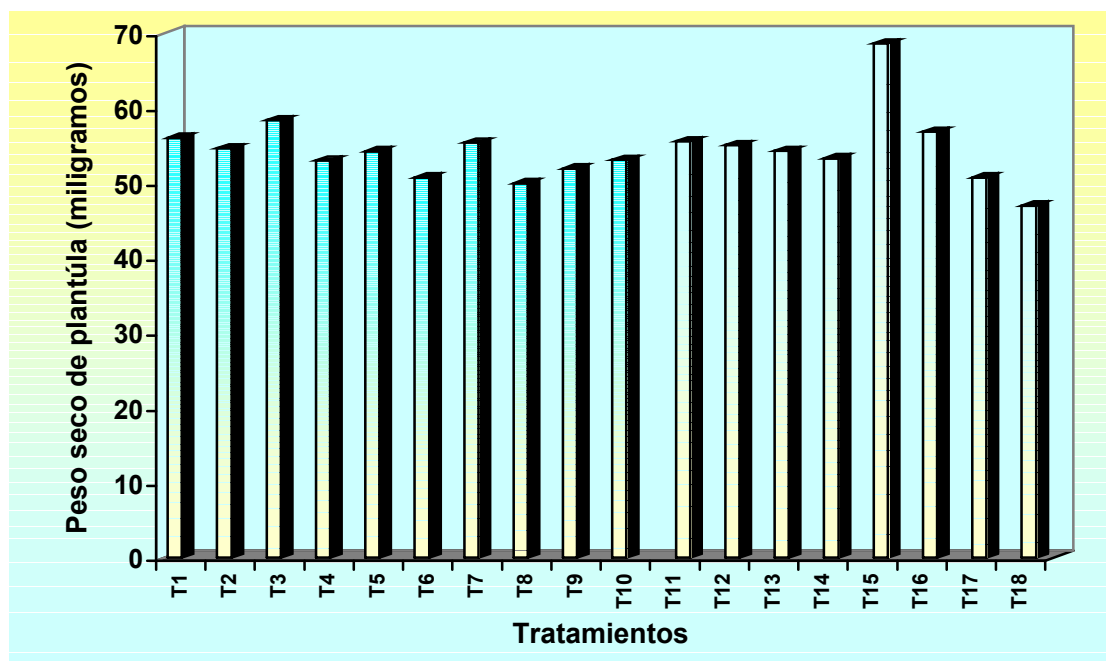
En la comparación de medias tukey al 0.05 % (Cuadro 4.5), se puede observar que los mayores valores obtenidos corresponden a los tratamientos: T15 (sedimento de composta + lombricomposta en polvo) éste sobresalió de entre todos los demás con un valor de 15.73 cm., seguido del T1 (Biodigestado líquido mixto), T4 (biodigestado líquido mixto + biodigestado líquido de composta) y T12 (Sedimento de Composta + Biodigestado Líquido de Composta) los cuales mostraron valores de 15.30, 15.24 y 15.13 correspondientemente, en cuanto a los peores tratamientos éstos fueron: T18 (testigo absoluto, agua), T16 (testigo relativo 1, Biozyme TS) y T17 (testigo relativo 2 Biozyme PP) ; con valores obtenidos de 12.31, 13.10 y 13.30 cm. respectivamente.



**Figura 4.3.** Longitud media de radícula de plántulas provenientes de semillas de maíz tratadas con productos orgánico-hormonales

## Peso seco de plántula

En la comparación de medias tukey 0.05 % (Cuadro 4.5), se puede observar que el mejor tratamiento como en todas las demás variables fue el T15 (sedimento de composta + lombricomposta en polvo), sobresaliendo notablemente del resto de los tratamientos, con un valor de 68.64 ml/plántula; a éste le siguieron los tratamientos T16 (testigo relativo Biozyme TS) y T3 (sedimento de composta), los cuales obtuvieron 58.39 y 56.84 correspondientemente, los tratamientos que peor comportamiento tuvieron fueron el T18 (testigo relativo), con un valor de 46.97 ml/ plántula y el T8 (Sedimento Mixto + Biodigestado Líquido de Composta), el cual mostró un valor de 49.97 ml/plántula.



**Figura 4.4** Peso seco de plántula, tomado de plántulas provenientes de semillas de maíz, tratadas con productos orgánico-hormonales.

## Invernadero

En el Cuadro 4.7 se presentan los cuadrados medios y nivel de significancia del análisis de varianza de cada una de las variables evaluadas en semilla de maíz, tratada con productos de origen orgánico y con propiedades hormonales.

En dicho cuadro, se pueden observar diferencias altamente significativas en las variables de emergencia total y longitud media de plúmula; sin embargo, el resto de las variables (longitud media de radícula, peso fresco de plántula y peso seco de plántula), no denotaron significancia, es decir son no significativas para la fuente de tratamientos. Además los valores de los coeficientes no son muy elevados, lo que nos indica que los resultados obtenidos son confiables.

**Cuadro 4.6.** Muestra los cuadrados medios del análisis de varianza para las variables evaluadas en semilla de maíz deteriorada la cual fue tratada con productos de origen orgánico-hormonal.

FV	GL	ET	LMP	LMR	PFP	PSP
Tratamientos	17	127.70 **	2.20 **	1.82	46561.55	271.40
Error exp.	36	37.50	0.43	0.97	45496.96	232.59
C.V.		6.66	5.56	10.21	16.81	10.89

\*\* = Altamente significativo (0.01 %) \* = Significativo (0.05 %) NS = No significativo

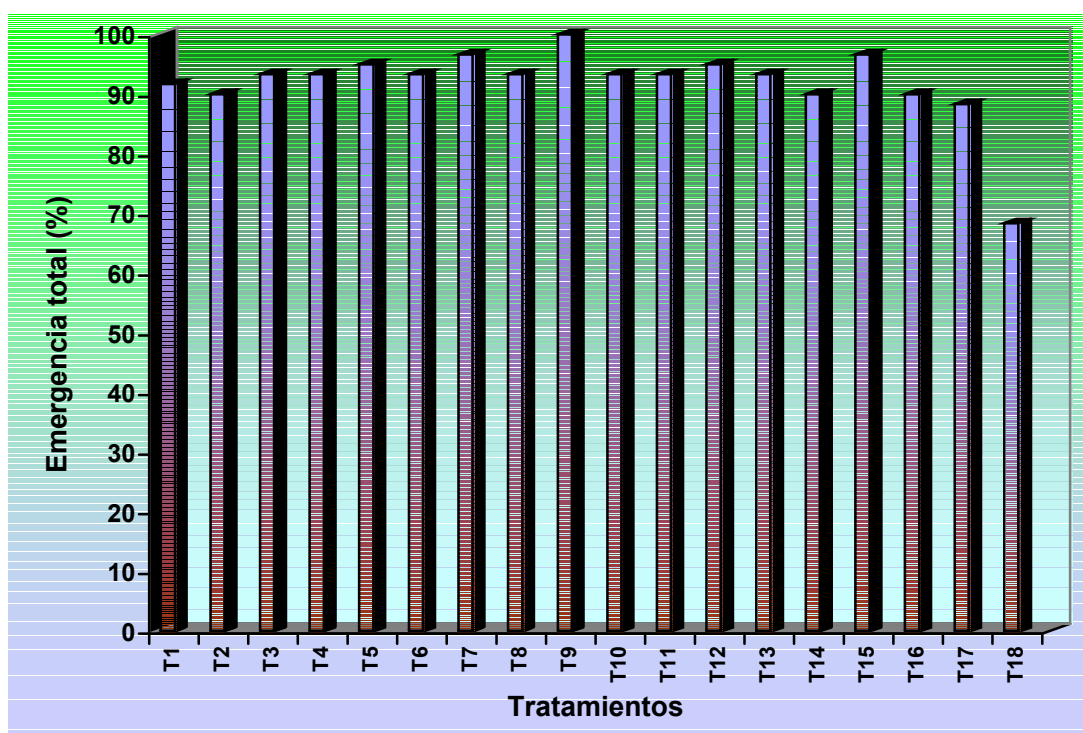


**Cuadro 4.7.** Comparación de medias de las variables evaluadas en semillas de maíz.

<i>Tratamientos</i>	<i>ET</i>	<i>LMP</i>
T1:	91.67 a	12.31 a
T2:	90.00 a	12.05 a
T3:	93.33 a	12.22 a
T4:	93.33 a	12.67 a
T5:	95.00 a	12.11 a
T6:	93.33 a	12.18 a
T7:	96.37 a	11.42 a
T8:	93.33 a	11.74 a
T9:	<b>100.00 a</b>	12.31 a
T10:	93.33 a	11.52 a
T11:	93.33 a	11.39 a
T12:	95.00 a	12.07 a
T13:	93.33 a	11.81 a
T14:	90.00 a	12.32 a
T15:	96.67 a	12.45 a
T16:	90.00 a	12.09 a
T17:	88.33 a	10.77 ab
T18:	68.63 b	8.89 b

## Emergencia total

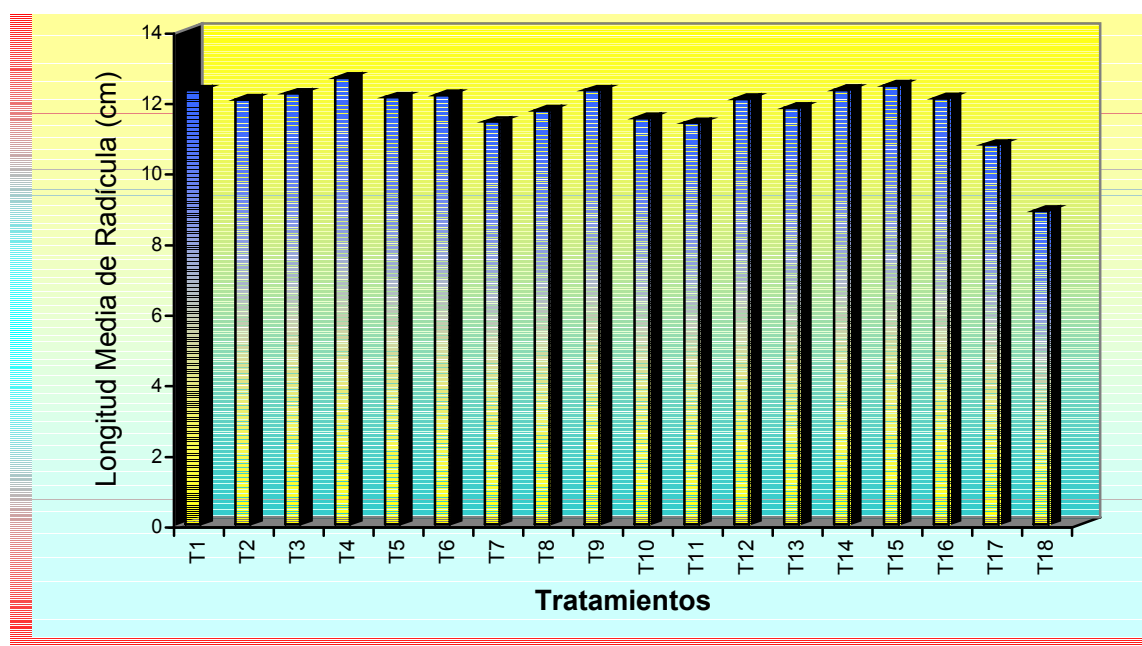
En la comparación de medias Cuadro 4.7 se observa que los tratamientos del T1 al T17 se comportaron estadísticamente iguales, sin embargo, existen diferencias numéricas entre algunos de éstos, sobresaliendo de entre ellos el T9 (sedimento mixto + biodigestado líquido de lombricomposta, el cual obtuvo un 100 % de emergencia. Por su parte, el T18 (testigo absoluto, agua), fue el que menor valor obtuvo con un 68.33 % de emergencia total (Figura, 4.5)



**Figura 4.5.** Emergencia total expresada en porcentaje, en semillas de maíz tratadas con productos orgánico-hormonales.

## Longitud media de plántula

Para esta variable se puede observar que los tratamientos del T1 al T16 se comportaron estadísticamente iguales, existiendo sólo algunas diferencias numéricas entre éstos, destacando el T4 y T15 con valores de 12.67 y 12.45 cms. correspondientemente. Por otra parte, del total de los tratamientos, los que peor se comportaron fueron el T17 y T18, los cuales reflejaron valores de 10.77 y 8.89 cm. de longitud de plúmula respectivamente (Figura, 4.6).



**Figura 4.6.** Longitud media de plántula, proveniente de semillas de maíz tratadas con productos orgánico-hormonales.

## DISCUSIONES

Sustentado en los resultados obtenidos; se observó que la calidad fisiológica de las semillas de maíz es beneficiada, pues los productos derivados de la composta y lombricomposta utilizados en la presente investigación causaron un efecto estimulante en la germinación, presentándose el sedimento de composta junto con los biodigestados líquidos, como los productos orgánico-hormonales que mejor se comportaron en todas las variables en cuestión. Esto es atribuido en gran parte a la cantidad de microelementos que están presentes en dichos productos, ya que estos reactivan reacciones enzimáticas importantes en las semillas. El contenido de estos microelementos corroboran los análisis realizados por GBM (Cuadro 4.3) donde se describe la actividad mineral de cada uno de los productos evaluados.

Además de los minerales, la actividad hormonal también influyó en la estimulación de la germinación y vigor en semillas de maíz, esto fue atribuido a que compuestos como las zeatinas (citocininas) son responsables de promover la división celular, además en presencia de las auxinas provocan el crecimiento de radículas y talluelos. Por su parte, las giberelinas contribuyen al promover el alargamiento en ciertas fases de la germinación de la semilla. En el Cuadro 4.4 se observa la presencia de estas hormonas las cuales fueron detectadas al analizar los productos orgánicos utilizados.

En cuanto a los testigos relativos Biozyme TS y Biozyme PP, causan un menor efecto estimulante en la germinación de las semillas de maíz comparados con los productos de origen orgánico. Esto se observa claramente, puesto que al menos dos o más tratamientos orgánicos hormonales superaron a dichos testigos. Lo anterior es debido a que los productos orgánicos además de la actividad hormonal también tienen actividad mineral, mientras que los testigos relativos solo muestran actividad hormonal.

En invernadero el efecto estimulante también se observó, ya que todos los tratamientos superaron al testigo absoluto, aunque en la variable de emergencia total, los valores fueron mucho más altos que los de la variable germinación en el laboratorio. Esto fue debido a que en laboratorio se evaluó a los 7 días después de la siembra y las plántulas anormales no se tomaron como germinadas, mientras que en invernadero la evaluación fue a los 14 días, lo que dio el tiempo necesario para que las plántulas crecieran lo suficiente como para tomarse como emergidas. Lo mismo se observó en la longitud media de plúmula donde el tiempo de evaluación influyó bastante en los resultados obtenidos. En las variables como longitud media de radícula, peso seco y fresco de plántula no se denotó significancia, lo que hace pensar que las cavidades de las charolas fueron la causa de que estas se comportaran así, dado que el crecimiento de la radícula fue detenido y no permitió el libre desarrollo de estas.

## CONCLUSIONES

De los resultados obtenidos en el presente trabajo de investigación se concluye lo siguiente:

- Todos los productos orgánicos utilizados mostraron actividad mineral y hormonal en relación al testigo absoluto.
- La aplicación de productos orgánico-hormonales estimula la germinación en semillas de maíz.
- El mejor producto en lo que a germinación se refiere fue el sedimento de composta + lombricomposta en polvo al superar hasta por un 20 % al testigo absoluto. Además de que también fue el mejor para el resto de las variables evaluadas, las cuales denotan el vigor de las plántulas.
- Los testigos relativos (Biozyme TS y Biozyme PP) se comportaron de manera similar a algunos de los tratamientos de origen orgánico, pero en ninguna de las variables se presentaron como el mejor tratamiento.

- Los productos de origen orgánico son mejores estimulantes de la germinación en semillas de maíz que los testigos relativos.
- El comportamiento de los tratamientos orgánicos no fue el mismo en el laboratorio que en invernadero.
- El principal efecto estimulante en la germinación de las semillas de maíz es por la presencia de las hormonas seguido por los microelementos.

## LITERATURA CITADA

- Alonso R., N. 2004 Efecto de la aplicación de composta, lombricomposta y biodigestados líquidos en el crecimiento, rendimiento y calidad del follaje en el cultivo del cilantro. Tesis licenciatura. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. p. 38, 80, 81.
- Álvarez O., S. 1998. Calidad de compostas de diferentes materiales orgánicos a partir de su contenido en ácidos húmicos y fúlvicos y el desarrollo del cultivo del cilantro (*Coriandrum sativum* L.). Tesis licenciatura. UAAAN, Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. p. 58-60
- Ayala G., S. A. 2006. Estimulación de la germinación y vigor en semillas de trigo (*Triticum aestivum* L.) como respuesta a la aplicación de productos Orgánico-hormonales. Tesis Licenciatura. UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coahuila. México. p 79-83
- Besnier R., F. 1989. Semillas biología y tecnología. Editorial Mundi-prensa. Madrid, España. p. 36-40
- Bidwell., S., R. G. 1993. Fisiología vegetal. 1ª edición. Editorial AGT editor S.A. Progreso 202 planta alta, México D.F. p. 419, 421, 426-426
- Bradbeer. J., w. 1988. Seed dormancy and germination. 1ª edición. Editorial Blackie. New York, USA. p. 1
- Camacho I., F A. 2001. Efecto de ácidos fúlvicos en la calidad fisiológica y el crecimiento de algunas especies vegetales. Tesis maestría. UAAAN, Buenavista Saltillo, Coahuila, México. p. 45
- Camacho. M., F. 1994. Dormición de semillas causas y tratamientos. 1ª edición. Editorial trillas. México, D.F. p. 13
- Carballo. 2001. Reguladores de crecimiento en la estimulación fisiológica de semillas en cultivos básicos. Tesis Maestría. UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. p. 30-72.
- Cruz F., G. 1986. Manual de abonos orgánicos. Ed. Grupo Editorial Ibero América, S. A. de C. V. México. p. 12



- Cruz P., A. B., V. A. González H, M. C Mendoza C. y M. L.. Ortega Delgado. 2003. Marcadores fisiológicos de la tolerancia al envejecimiento de semilla en maíz.. *Agrociencia*. 37: 371-381.
- Compagnoni L. y Putzol G. 1998. Cría moderna de las lombrices y utilización rentable del húmus. Editorial De Vecchi, S. A. Barcelona, España. p. 62-63
- Delouche. J., C. 2005. Calidad y Desempeño de la Semilla. *Seed News*. Mississipi, EUA. 5: 1-2
- Delouche J., C. Y Baskin. C. 2001. Algodón-calidad de semillas. *Seed News*. Eméritos Mississipi State University. EUA. 3: 8-10
- Delouche. J., C (2002). Germinación, deterioro y vigor de semillas. *Seed News*. Mississipi, EUA. En línea: [http://www.seednews.inf.br/espanhol/seed66/artigocapa66\\_esp.shtml](http://www.seednews.inf.br/espanhol/seed66/artigocapa66_esp.shtml)
- Dias. F., D. C. 2001. Maduración de semillas. *Seed News*. Universidad Federal de Viçosa / MG /,Brasil. 6: 1-2
- Díaz M., D. H. 2002. Fisiología de árboles frutales. 1ª edición. ed. AGT editor, S. A. México, D.F. p. 37, 38
- Domínguez V., A. 1981. Abonos. 7ª edición. Ediciones mundi-prensa. Madrid, España. p. 20
- Duffus. C., C. S. 1980. *Seed and their uses*. Traducido al español por: Márquez S., F. 1985. *Las semillas y sus usos*. 1ª edición en español. Editorial A.G.T., S. A. Colegio de Postgraduados, Chapingo, México. p 17, 20-25.
- Enríquez P. E. G., Suzan A. H. y Malda B. G. 2004. Viabilidad y germinación de semillas de *Taxodium mucronatum* (Ten.) en el estado de Querétaro, México. *Agrociencia*. Colegio de Postgraduados, Texcoco, México. 38: 375-381
- Flores N., A. 2004. Efecto de abonos orgánicos y productos comerciales hormonales en el crecimiento y desarrollo de plántulas de tomate. (*Lycopersicon esculentum* Mill L.). Tesis licenciatura. UAAAN. Buenavista, Saltillo. Coahuila. México. p. 51-74.
- García L., R (2006), Evaluación de productos orgánico-hormonales que estimulan la germinación en semillas de cebada (*Hordeum vulgare* L.). Tesis Licenciatura. UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coahuila. México. p. 63-65
- Leal E., M.e. 1988. *Botánica*. 1ª edición. UNAM. México, D.F. p. 749

- Ley sobre producción, certificación y comercio de semillas. 1996. En línea: <http://archivos.diputados.gob.mx/leyfed/doc/217.doc>
- Marino A., A. 1999. Propagación de plantas. 7ª reimpresión. Ed. Continental, S. A. de C. V. México D. F. p. 87, 88
- Martínez C., C. 1999. Potencial de la lombricultura, elementos básicos para su desarrollo. Segunda reimpresión en español. Editorial Lombricultura Técnica Mexicana. Texcoco, Estado de México, México. p. 90-96
- Moreno M., E. 1996. Análisis físico y biológico de semillas agrícolas. 3ª edición. Instituto de biología, UNAM. México. p. 36, 40
- Moreno M. E, M.E. Vázquez B. y F. Facio P. 2000. La temperatura en relación con la longevidad de semillas de maíz almacenadas con baja humedad. Agrociencia. Colegio de Postgraduados, Texcoco, México. 34: 175-180
- Olivares S., F J. 2006. Efecto de productos orgánico-hormonales en la estimulación de la germinación y vigor en semillas de sorgo (*Sorghum bicolor L.*). Tesis Licenciatura. UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coahuila. México. p. 64-65
- Ortiz C., P. (1998). El cultivo del cilantro (*Coriandrum Sativum L.*). Monografía. UAAAN, Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. p. 26
- Peske. S., T. 2002. Semilla comercial. Seed news. 1: 12-13
- Pimienta R., A. 2004. Ácidos húmicos y fúlvicos de origen orgánico en el crecimiento de plantas de tomate (*Lycopersicon esculentum L.*) en invernadero. Tesis licenciatura. UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. P 46
- Pliego. Q., J. 2002. Utilización de productos biorreguladores del crecimiento en la germinación de semillas de maíz. (*Zae mays L.*) bajo condiciones de invernadero. Tesis licenciatura. UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. p. 22-34
- Porta C., J. 2003. Edafología para la agricultura y el medio ambiente. 3ª edición. Ed. Mundiprensa. México, D. F. p. 166-1667.
- Ramírez G., M. M. 2003. Efecto de ácidos fúlvicos de origen orgánico en el crecimiento de plántulas de tomate (*Lycopersicon esculentum L.*), en invernadero. Tesis licenciatura. UAAAN. p. 26
- Reynaga G., J. J. 2006. Germinación en semillas de chile como respuesta a la aplicación de productos orgánico-hormonales. Tesis Licenciatura. UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coahuila. México. p. 55-58

- Rivera L., O. 2004. Efecto de extractos orgánicos en la germinación y vigor de semilla deteriorada de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.). Tesis licenciatura. UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. p. 37,61
- Salisbury F., B. y, Ross. C., W. 1994 "Fisiología vegetal", Ed. Grupo Editorial Ibero América, S. A. de C. V. México. p. 567, 589, 605
- Santamaría del C., S. 1992. Biología de las plantas. Editorial Reveté, S.A. Barcelona, España. p. 374
- Thomson R., J. 1979. An introduction to seed Technology. Editorial Blackie group. p. 6-7, 38-40, 49.
- Vázquez B., M. E., A. P. García, V. M. Zamora V. 2002. Reguladores de crecimiento para estimular la germinación en semilla de lechuga y su efecto en el almacenamiento. Avance de investigación. UAAAN, Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.
- Velasco P., L. 2005. Aplicación de productos orgánico-hormonales en la estimulación de la germinación en semilla de avena (*Avena sativa*, L.). Tesis licenciatura. UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. p. 65-69.
- Vergara. P., P. 2000. Calidad de semilla de cebolla (*Allium cepa*) en la generaciones avanzadas. Impacto en la producción del bulbo. Tesis Maestría. CCDTS, UAAAN, Saltillo; Coahuila, México. p. 66

## CITAS DE INTERNET

([http://www.euita.upv.es/varios/biologia/Temas/tema\\_17.htm#Viabilidad%20de%20las%20semillas](http://www.euita.upv.es/varios/biologia/Temas/tema_17.htm#Viabilidad%20de%20las%20semillas)).

([http://www.euita.upv.es/varios/biologia/Temas/tema\\_17.htm#Factores%20externos](http://www.euita.upv.es/varios/biologia/Temas/tema_17.htm#Factores%20externos))

([http://www.manualdelombricultura.com/manual/agricultura\\_organica/importancia.html](http://www.manualdelombricultura.com/manual/agricultura_organica/importancia.html)).

(<http://www.monografias.com/trabajos10/auxinas/auxinas.shtml>).